



„Paaugstinātas īpatnējās stiprības koksnes plātnes”

Lauku atbalsta dienesta līguma numurs: Nr. 140508/S157

Projekta pasūtītājs: LR ZM Lauku atbalsta dienests
Finansējums: Meža attīstības fonds

Izpildītājs: SIA „Meža un koksnes produktu pētniecības un attīstības institūts”

Projekta vadītājs: Uldis Spulle

Direktors: Andrejs Domkins

Jelgava 2008

SATURS

IEVADS

Koksnes plātņu ražošana (skat. 1. pielikumu) ir viens no galvenajiem posmiem koksnei pievienotās vērtības radīšanā un ieņem nozīmīgu vietu ES kokrūpniecības nozarē. Latvijas meža nozare šajā tirgū viskonkurētspējīgākā ir ar saplākšņa produktiem. To pieprasījumam ES tirgū ir augoša tendence, bet neskatoties uz to, ka saražotā saplākšņa apjomi ES pieaug, tiek importēts saplāksnis arī no citām pasaules valstīm. Pieaugot konkurencei nepieciešams ražot racionālākus un konkurētspējīgākus izstrādājumus. Viens no galvenajiem attīstības virzieniem ir paaugstinātas īpatnējās stiprības plātņu izstrāde un ieviešana ražošanā. Pasaulē mēbeļrūpniecības nozarē pēdējos gadus aktīvi izstrādā vieglas masas koksnes plātnes, taču to galvenais trūkums ir maza slodzes nestspēja un līdz ar to ir apgrūtināts pielietojums citās nozarēs. Salīdzinot ar citiem koksnes plātnēm bērza saplāksnim piemīt augstas mehāniskās īpašības, arī relatīvi liela tilpummasa. Sekojot produktu attīstības pasaules tendencēm, nepieciešams radīt jaunus, konkurētspējīgus koksnes plātņu materiālus ar paaugstinātu īpatnējo stiprību. Latvijā finierrūpniecība jau vairāk kā gadsimtu ir viena no koksnes kompleksas izmantošanas virzītājiem, jo finieri, līdztekus klasiskajai saplākšņu izgatavošanai, ir lielisks izejmateriāls dažādu nišas produktu un kompozītmateriālu izgatavošanai. Tādēļ attīstoties citām nozarēm, it īpaši ķīmiskajai rūpniecībai un materiālu un konstrukciju īpašību modelēšanas un kontroles sistēmām, finieru izmantošanai nepārtraukti rodas jaunas iespējas. Viena no perspektīvākajām jaunu līmēto finieru materiālu pielietojuma nozarēm ir transporta industrija, kura, pateicoties tirgus globalizācijai, kļūst par vienu no vadošajām globālajā ekonomikā. Jaunos produktus paredzams pozicionēt tirgū kā speciālu produktu ar augstu pievienoto vērtību un paaugstinātu īpatnējo lieces stiprību. Tas saskan ar „Latvijas mežsaimniecības un uz koksnes resursiem balstītas rūpniecības tehnoloģiskās platformas vīzijā 2030” minētajiem stratēģisko pētījumu virzieniem. Paaugstinātas īpatnējās stiprības plātņu pielietojums ir gan ēku būvniecībā (norobežojošās un pārseguma konstrukcijās), gan transporta industrijā (transportlīdzekļu grīdās).

PROJEKTA MĒRĶIS

Projekta mērķis ir apvienot zinātnieku, saplākšņu ražotāju, transporta un ķīmiskās industrijas kompetences jaunu, inovatīvu saplākšņa produktu izstrādei ar pielietojumu transporta industrijā. Šāda veida produkts šobrīd tirgū netiek piedāvāts un tas spēs paaugstināt Latvijas saplākšņa ražotāja A/S „Latvijas Finieris” konkurētspēju pasaules tirgū. Īpašu vērību pievēršanai koksnes racionālai izmantošanai un videi draudzīgai produktu izmantošanai.

PAREDZAMO REZULTĀTU NOZĪMĪBA

Paaugstinātas īpatnējās stiprības koksnes plātnes veicinās koksnes plātņu industrijas attīstību un konkurētspēju tirgū. Šāds produkts ir pieprasīts tirgū (piem. transporta industrijā) un uz doto brīdi netiek piedāvāts. Pielietojot plātnes ar paaugstinātu īpatnējo stiprību transporta industrijā, sagaidāmi sekojoši ieguvumi:

- loģistikā (pārvadājuma izmaksu samazināšanās);
- ekoloģijā (mazāks degvielas patēriņš uz vienu kravas vienību un līdz ar to vides piesārņojums, neatjaunojamo dabas resursu saudzēšana, u.c.).

Prognozējams koksnes materiālu patēriņa samazinājums un atlikumu racionāla izmantošana.

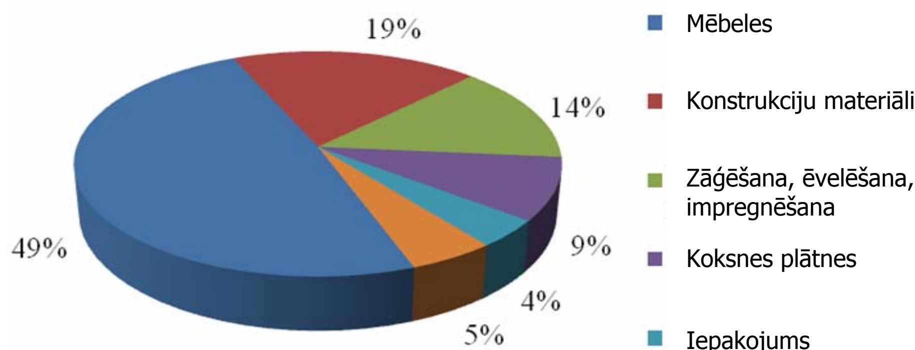
PROJEKTĀ PLĀNOTIE DARBA UZDEVUMI

1. Esošās situācijas apskats- saplākšņa tirgus un autobūvei domāto plātņu materiālu prasību apzināšana.
2. Bērza saplākšņa un jaunizstrādātā koksnes plātņu produkta ar paaugstinātu īpatnējo stiprību izstrāde un atbilstības novērtēšana autobūves prasībām:
    - 2.1 fizikāli mehāniskās īpašības;
    - 2.2 ugunsizturība.
3. Koksnes plātņu ar paaugstinātu īpatnējo stiprību ražošanas paņēmienu izstrāde.

1. ESOŠĀS SITUĀCIJAS ANALĪZE

1.1 Koksnes plātņu tirgus analīze

Eiropas kokrūpniecības industrijas apjoms Eiropas valstīs 2006. gadā bija 230 biljoni EUR (FEIC Annual report..., 2007-2008). 1.1 attēlā redzams, ka gandrīz puse no tā ir saistīta ar mēbeļrūpniecību, 19%- ar būvniecībā izmantojamiem konstrukciju materiāliem, 14%- ar kokmateriālu pārstrādi (zāģēšanu, ēvelēšanu) un apstrādi, un ceturtā lielākā grupa, t.i., 9% no Eiropas kokrūpniecības industrijas ražo koksnes plātnes, kas ir vairāk kā 20 biljoni EUR.

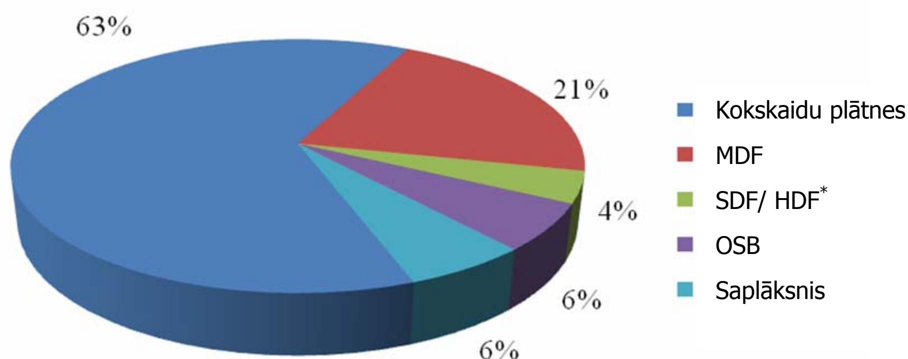


1.1. att. Eiropas kokrūpniecības industrijas struktūra.

No 2,9 miljoniem kokrūpniecībā nodarbinātajiem koksnes plātņu ražošanā ir nodarbināti ap 5% strādājošo. No 380 tūkstošiem kokrūpniecības uzņēmumiem 1% ir saistīts ar koksnes plātņu ražošanu.

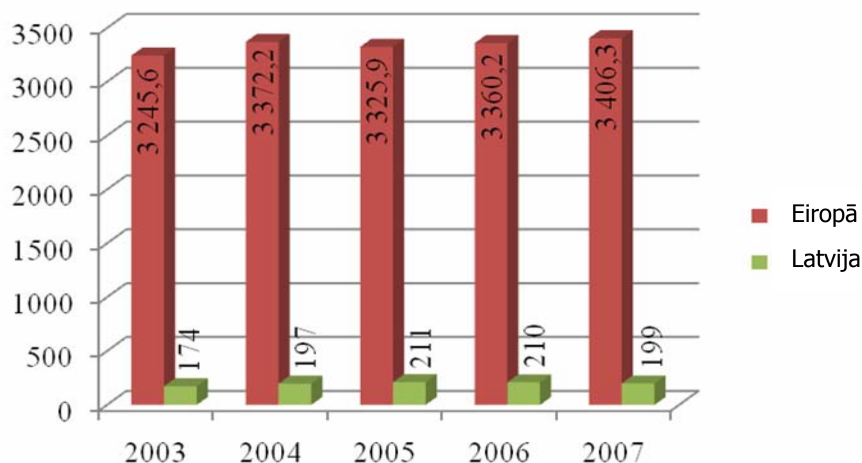
Koksnes plātņu ražošana ietver vairāku veidu koksnes plātnes. FAOSTAT datu bāzes izdala kokskaidu plātņu, MDF (*Medium Density Fibreboard*), SDF (*Super Density Fibreboard*) un HDF (*High Density Fibreboard*), OSB (*Oriented Strand Board*) plātnes un saplākšņi. Gan saplākšņa, gan OSB ražošana aizņem tikai 6% no visu koksnes plātņu apjoma (skat. 1.2. att.), lielāko īpatsvaru šajā jomā dod skaidu plātnes– 63%, nākošā lielākā plātņu grupa ir MDF (*Medium Density Fibreboard*)– 21%, un vismazākais īpatsvars ir SDF (*Super Density Fibreboard*) un HDF (*High Density Fibreboard*) plātnēm– 4%.

Saplākšņa ražošana Eiropas valstīs no 2003. gada līdz 2007. gadam ir pieaugusi par gandrīz 5% jeb 160,7 miljoniem kubikmetru.



1.2. att. Produktu īpatsvars koksnes plātņu ražošanā.

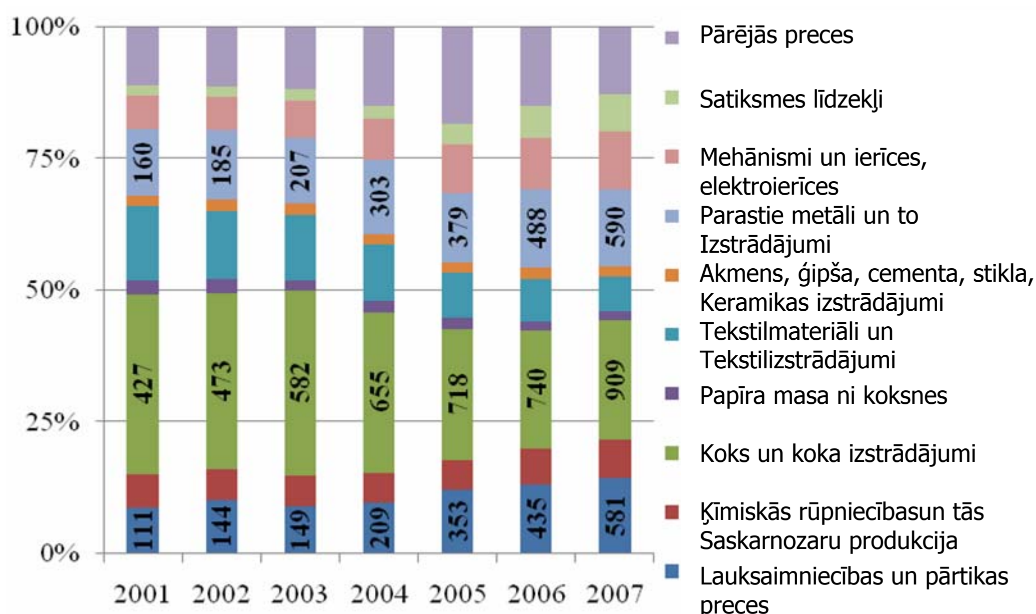
Savukārt saplākšņa ražošana Latvijā šajos četros gados ir pieaugusi par 25 tūkstošiem kubikmetru, kas ir vairāk kā 14% kopumā jeb 3,6% gadā (skat. 1.3. att.). Tiek ražoti 3 veidu saplākšņi: tropisko koku sugu (apmēram 10- 11% gadā), skuju koku (apmēram 36%) un cieto lapu koku saplāksnis (ap 53%). Latvijā tiek ražots tikai bērza saplāksnis, līdz ar to Latvijā tiek saražots gandrīz 12% no Eiropā saražotiem cieto lapu koku saplākšņiem.



1.3. att. Saplākšņa (kopējā) ražošana Eiropā un Latvijā.

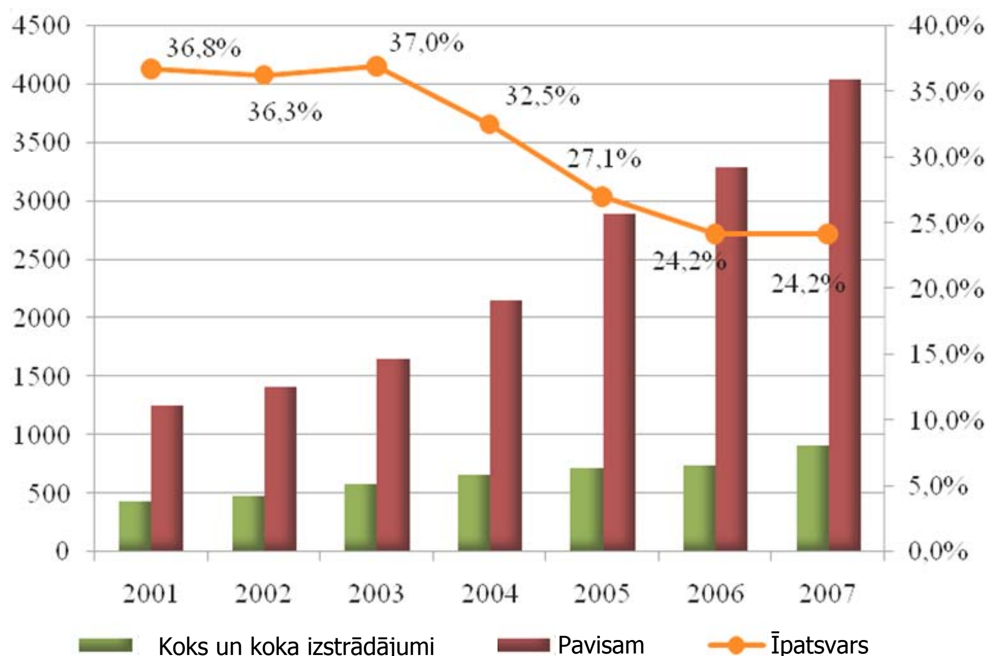
Kokrūpniecības apgrozījums Latvijā 2006.gadā koksnes un koka izstrādājumu ražošanā sasniedza gandrīz 1 miljardu latu. Arī kopā nozarē strādājošo skaits norāda uz Meža sektora lielo nozīmīgumu Latvijas ekonomikā: Rīgas rajonā un Jūrmalā- gandrīz 43%, Vidzemē- 23%, bet pārējos reģionos- aptuveni 11%.

Lielākā daļa meža nozares produkcijas tiek eksportēta– ap 90% (pēc CSB datiem 2006.gadā). Apskatot Latvijas eksportu pa preču grupām (skat. 1.4. att.), var redzēt, ka arī Latvijas eksportā Meža sektora produkcija ieņem nozīmīgu vietu. 2001.gadā Latvija eksportēja produkciju LVL par 1256,4 miljoniem, kur Meža sektora devums LVL bija 427,3 miljoni, t.i., 36,8%. Citu preču grupu eksports bija sekojošs LVL: tekstilmateriālu un tekstilizstrādājumu preces- 177,5 miljoni, metālu un to izstrādājumu preces- 159,8 miljoni un lauksaimniecības un pārtikas preces- 111 miljoni. 2006. gadā situācija ir nedaudz mainījusies, jo citās preču grupās eksportētās produkcijas apjoms ir pat pieckāršojies, piemēram, lauksaimniecības un pārtikas preču grupā vai mehānismu un ierīču, elektroiekārtu preču grupā. Meža sektora devums LVL 2006.gadā bija 908,5 miljoni, metālu un to izstrādājumu preces dod 589,7 miljoni, lauksaimniecības un pārtikas preces– 581,2 miljoni un preču grupā mehānismi un ierīces, elektroiekārtas– 444 miljoni.



1.4. att. Latvijas eksporta sadalījums pa preču grupām, %.

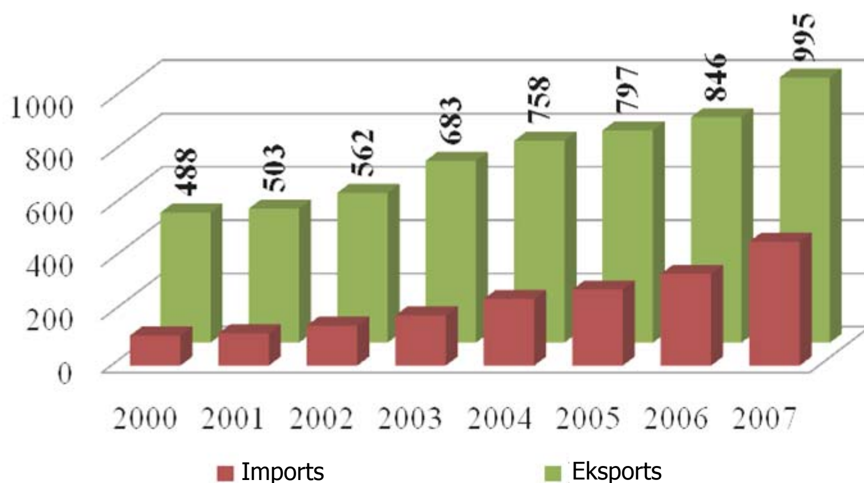
Taču koka un koksnes izstrādājumu preču grupas īpatsvars tomēr pārliecinoši paliek vislielākais (skat. 1.4. att.). 2001. gadā tas bija 36,8%, tādā līmenī noturējās līdz pat 2003. gadam, bet sākot ar 2004.gadu Meža sektora eksportētās produkcijas īpatsvars pamazām sāk samazināties un 2007.gadā sastāda jau tikai 24,2%, t.i., neskatoties uz to, apjoms LVL ir palielinājies vairāk nekā divas reizes (skat. 1.5. att.).



1.5. att. Meža sektora eksportētās produkcijas īpatsvars, %.

Vēl viens no svarīgiem Meža nozares nozīmīguma radītājiem ir tas, ka tā ir vienīgā ražošanas nozare Latvijā ar pozitīvu tirdzniecības bilanci (skat. 1.6. attēlu). 2001.gadā eksports pārsniedz importu vairāk nekā 4 reizes, 2002. un 2003.gadā – vairāk kā 3,5

reizes, bet no 2004.gada samazinās zem 3 reizēm, līdz 2007.gadā imports jau ir tikai vairs 2,5 reizes mazāks pēc vērtības LVL.



1.6. att. Meža nozares eksporta un importa apjoms, miljonu LVL.

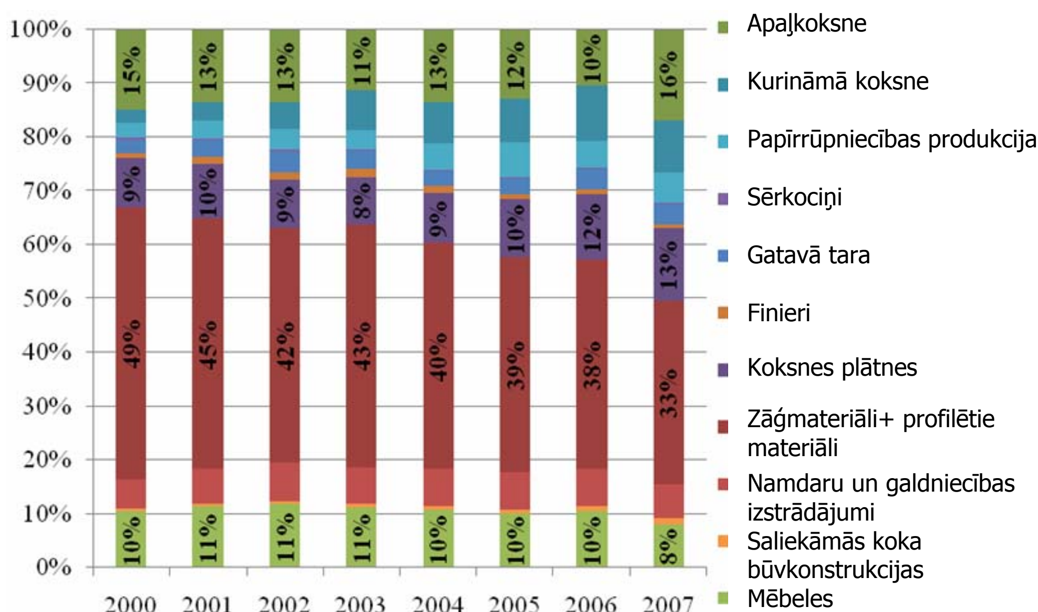
Vislielākais Meža sektora eksporta pieaugums pret iepriekšējo gadu bija 2003.gadā un 2007.gadā– vairāk nekā 22%, vismazākais 2006.gadā– tikai 3,1%, bet 2002., 2004. un 2005.gadā– ap 10%. Apskatot atsevišķas produktu grupas (skat.1.1. tabulu) var redzēt, ka 2003.gadā lielo pieaugumu nodrošināja zāģmateriāli, jo to eksportētās produkcijas pieaugums bija gandriz 25% un tā īpatsvars meža sektora eksportā bija 49,4% (skat. 7.att). Tāpat pieaugums bija vērojams visās pārējās produktu grupās, izņemot apaļkoksnes un sērkociņu eksportu. 2007.gada lielo pieaugumu nodrošināja apaļkoksnes pieaugums (92%) ar īpatsvaru struktūrā 16,4% un koksnes plātņu pieaugums (32,4%) ar īpatsvaru struktūrā 13,2%, kā arī papīrrūpniecība attiecīgi– 29,4% un 5,4%, zāģmateriāli - 3,7% un 33,3%, kurināmā koksne 13,1% un 9,6%.

1.1. tabula

Atsevišķo produkta grupu eksporta vērtības LVL pieaugums pret iepriekšējo gadu

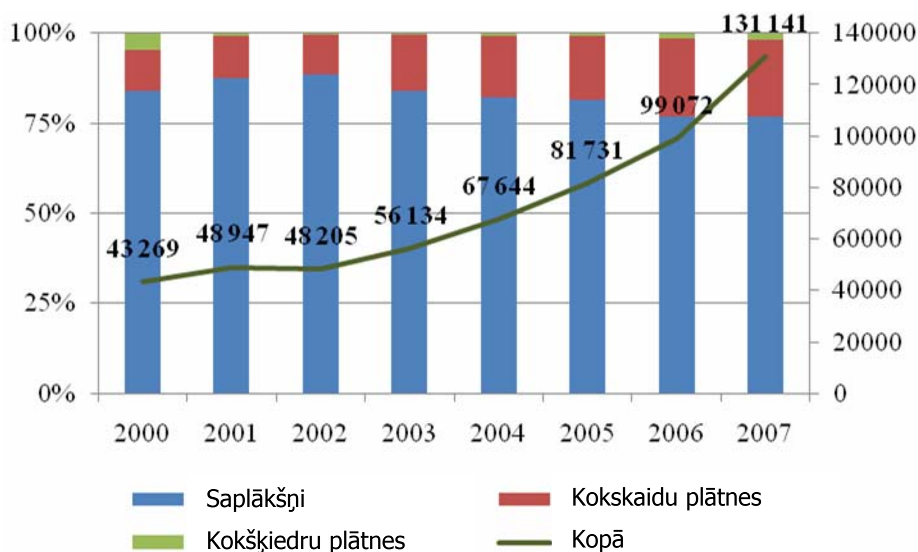
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Zāģmateriāli + profilētie, pieaugums	-6,5%	4,1%	24,8%	4,8%	0,2%	3,9%	3,7%
Apaļkoksne	-8,4%	11,5%	-0,6%	37,3%	-1,2%	-13,2%	92,0%
Koksnes plātnes	13,1%	-1,5%	16,5%	20,5%	20,8%	21,2%	32,4%
Kurināmā koksne	46,3%	61,3%	84,3%	12,5%	10,8%	38,0%	13,1%
Finieris	40,0%	13,2%	22,6%	-5,7%	-18,8%	16,6%	-10,0%
Gatavā tara	31,7%	34,0%	11,0%	-9,3%	6,2%	41,9%	20,4%
Namdaru un galdniecības izstrādājumi	19,7%	20,9%	15,4%	19,8%	1,1%	7,3%	9,8%
Mēbeles	11,5%	14,2%	13,5%	9,8%	-2,3%	12,1%	-9,7%
Sērkociņi	8,5%	14,6%	-2,3%	-18,3%	19,4%	-24,4%	-18,2%
Papīrrūpniecības produkcija	18,9%	29,8%	6,1%	66,5%	37,9%	-17,1%	29,4%
Saliekamās koka būvkonstrukcijas	13,2%	30,3%	53,4%	-24,3%	20,3%	74,0%	33,6%

Savukārt 2006.gadā zāģmateriāliem bija tikai 3,9% pieaugums un saglabājoties diezgan lielam to īpatsvaram produktu grupu struktūrā (37,7%), tas arī noteica visa sektora eksporta nelielo pieaugumu, neskatoties uz to, ka saliekamo būvkonstrukciju pieaugums bija 74%, gatavās taras – 1,9%, kurināmās koksnes – 38%. Savukārt koksnes plātņu eksports ar katru gadu ir ar lielāku vērtību un 2007.gadā to palielināja par 32,4%.
1.7. attēlā var redzēt, ka zāģmateriālu īpatsvars pamazām samazinās eksporta struktūrā un savu ienesumu sāk palielināt tādas grupas kā kurināmā koksne, papīrrūpniecības produkcija, koksnes plātnes un namdaru un galdniecības produktu grupa.



1.7. att. Meža sektora eksportētās produkcijas struktūra, %.

Apskatot tieši koksnes plātņu grupu var redzēt (skat. 1.8. att), ka grupa ir palielinājusi apjomu LVL no 2003. gada līdz 2007. gadam vairāk kā 3 reizes jeb vairāk kā par 87 miljoniem. Tāpat šajā grafikā var redzēt, ka izaugsmi šajā grupā pārliecinoši nosaka tieši saplākšņi. Neskatoties uz to, ka īpatsvars ir samazinājies par 7% no 2000.gada (84%) līdz 2007.gadam (77%).

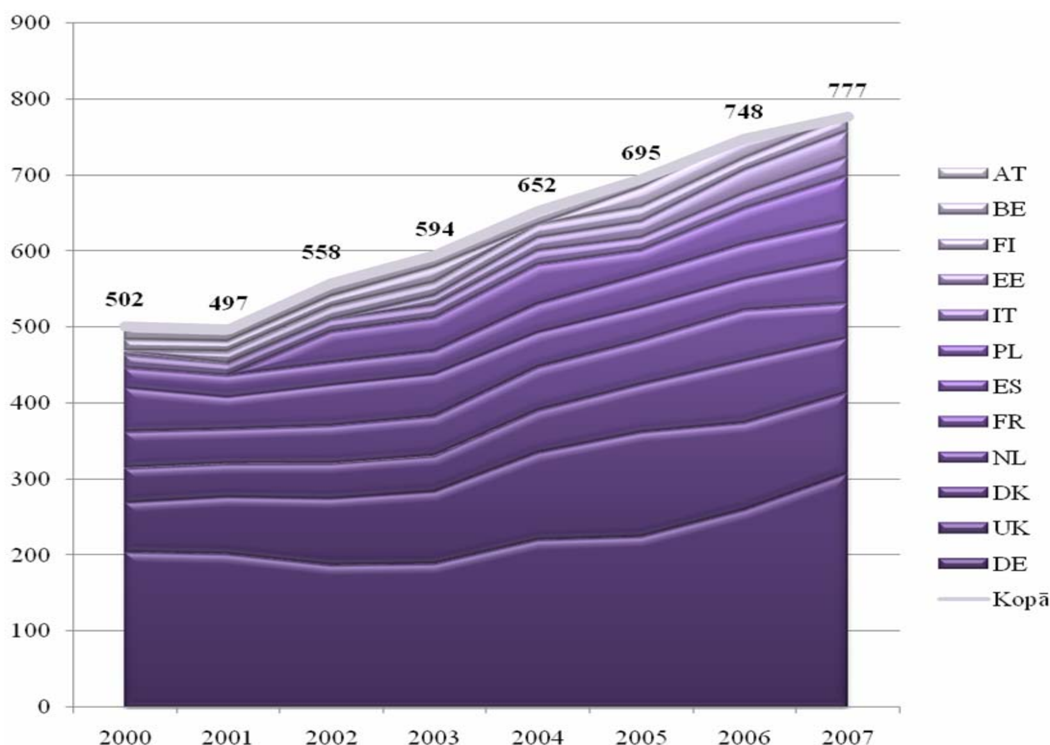


1.8.att. Koksnes plātņu struktūra grupā (%) un apjoms (tūkst. LVL).

Saplākšņa plašās pielietojumu iespējas nosaka tā īpašības. Saplāksnis ir kompozītmateriāls, kas sastāv no finiera kārtām un līmes. Saplākšņa īpašības, šeit ar to domājot stiprības rādītājus, nosaka finiera kārtu klājuma shēma. Izmainot saklājuma shēmu, var izmainīt stiprības rādītājus noteiktā (vēlamā) virzienā.

40% no Latvijā ražotā bērza saplākšņa tiek izmantots tieši transporta industrijā, pateicoties saplākšņa īpašībām un stiprības rādītājiem. Tomēr bērza saplākšņa blīvums ir virs 700kg·m^{-3}, līdz ar to iegūt plātni, kas nodrošinātu bērza saplākšņa stiprības rādītājus, taču būtu vieglāka, būtu ieguvums transporta industrijas nozarei.

Apskatot 1.9. attēlu var redzēt, ka katru gadu transporta industrijas vajadzībām tiek izgatavoti aizvien vairāk piekabju un puspiekabju, vislielākais pieaugums bija 2002. un 2004.gadā ap 10%, 2003. un 2005.gadā pieaugums bija 6,5%, 2006.gadā- 7,6%, bet 2007.gadā- gandrīz 4%. Lielākā ražotājvalsts ir Vācija– 307 tūkstoši vienību 2007.gadā, tad Apvienotā Karaliste ar gandrīz 3 reizes mazāku ražošanas apjomu– 105 tūkstoši vienību un Dānija- 72 tūkstoši vienību[1].

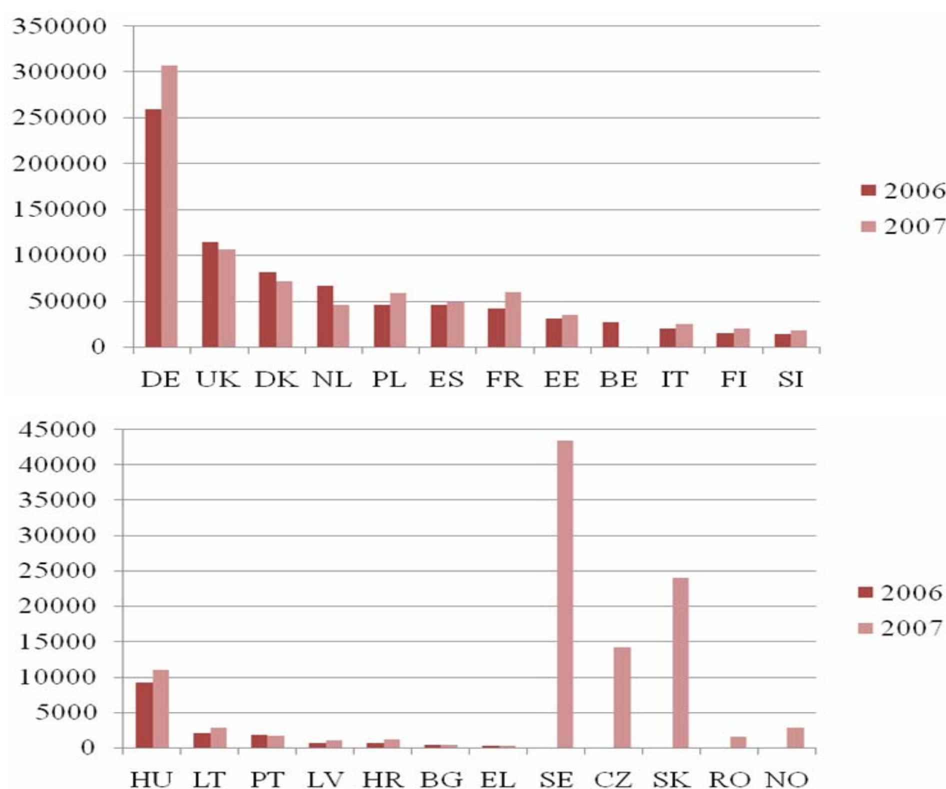


1.9. att. Piekabju un puspiekabju ražošanas apjomi Eiropā (PRODCOM kods 3420 2300), tūkst. vienību.

Vienas 13 metru garas piekabes grīdas izgatavošanai ir vajadzīgs apmēram 1m^3. Pēc Eurostat datiem E-27 valstīs 2007.gadā kopā tika izgatavotas 1,25 miljoni piekabju un puspiekabju (PRODCOM kods 3420 2300). Ja pieņem, ka puspiekabes ir vismaz 25%, tad aptuvens 27mm bieza saplākšņa patēriņš varētu būt vairāk kā 1 miljons m^3 gadā tikai Eiropas Savienības valstīs vien.

Ja apskata ražošanas lokalizāciju, tad var redzēt (skat. 1.10. att.), ka tādās valstīs kā Apvienotā Karaliste, Dānija, Nīderlande, Beļģija ražošanas apjomi samazinās, bet Zviedrijā, Čehijā un Slovākija ražošanas apjomi ir pieauguši būtiski. Vācija saglabā līdera pozīcijas piekabju ražošanā un 2007.gadā sasniedz 18,5% pieaugumu pret iepriekšējo gadu.

1 http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=0,1136195,0_45572097&_dad=portal&_schema=PORTAL



1.10. att. Piekabju un puspiekabju ražošanas apjomu tendences Eiropas valstīs, vienības

1.2 Saplākšņu ražošanas faktoru ietekme uz saplākšņa mehāniskajām īpašībām

Saplākšņi ir vieni no plašāk pazīstamiem koksnes pārstrādes produktiem, kuriem piemīt augstas fizikāli- mehāniskās īpašības, tiem ir visplašākās izmantošanas iespējas- sākot no būvkonstrukcijām līdz mēbelēm un iekštelpu dekoratīvajai apdarei. Saplākšņus izmanto arī dažās īpaši specifiskās vietās, agresīvās vidēs, kur tērauda vai citi metāla izstrādājumi īsā mūža un neizturības dēļ nav izmantojami.

Koksnes mehāniskās īpašības ir nozīmīga īpašību grupa. Tās raksturo koksnes spēju pretoties dažādiem ārējiem spēkiem vai slodzēm. Fizikālās īpašības novērojamas, neiedarbojoties uz materiālu ar spēku. Galvenās saplākšņu fizikāli- mehāniskās īpašības ir blīvums, higroskopiskums, ūdens uzsūcamība, rukums un uzbriešana, stiprība, stingums un nestspēja.

Saplākšņu blīvums

Saplākšņu blīvumu ietekmē tā ražošanā izmantotās koksnes blīvums, līme, saplākšņa biezums, sapresēšanas pakāpe, mitrums un daži citi faktori (Ozoliņš, 2005). Saplākšņu blīvums ir vismaz par 15% lielāks nekā masīvai koksnei. Tas tāpēc, ka saplākšņu koksne līmējot kļūst mazliet blīvāka, turklāt līme bieži vien ir smagāka par koksni (Vaņins, 1950). Latvijā visvairāk ražoto bērza saplākšņu blīvums ir robežās no 650 līdz 750 $kg \cdot m^{-3}$ 20ºC temperatūrā pie relatīvā gaisa mitruma 65% (Koks būvniecībā, 2007).

Saplākšņu higroskopiskums, rukums un uzbriešana

Higroskopiskums saplākšņiem ir nedaudz citādāks kā masīvai koksnei. Ūdens uzsūcamība, kā arī rukums un uzbriešana saplāksnim ir mazāka nekā masīvai koksnei. Saplākšņu rukums un uzbriešana galvenokārt atkarīgi no apkārtējās vides apstākļiem. Saplākšņu higroskopiskumu samazina arī ūdensizturīgās sveķu līmes, apstrāde ar speciāliem virsmas pārklājumiem vai fizikālām un ķīmiskām metodēm. Saplākšņiem, kuri līmēti, izmantojot karsto līmēšanas paņēmienu, higroskopiskums ir nedaudz zemāks nekā saplākšņiem, kuri līmēti, izmantojot karsto auksto līmēšanas paņēmienu- tas ir tādēļ, ka augstas temperatūras ietekmē koksnes ūdens uzsūkšanas spēja samazinās (Callum, 2006) (Vaņins, 1950).

Saplākšņu stiprība, stingums un nestspēja

Materiāla spēju pretoties fiziskai slodzei sauc par stiprību. Stiprības raksturlielums ir stiprības robeža jeb robežstiprība. Tā ir vislielākā stiprība, kas robežojas ar materiāla sagraušanu. Dažādu ārējo spēku iedarbības rezultātā materiāli deformējas- maina savus izmērus, tilpumu vai formu. Ārējiem spēkiem sasniedzot kritisko robežu, materiāls sabrūk. Jebkura deformācija un arī materiāla sabrukums ir saistīts ar tā iekšējās struktūras izmaiņām.

Koksnei ir raksturīga anizotropija- tai piemītošās mehāniskās īpašības nav homogēnas. Mehāniskās īpašības šķiedru virzienā ir atšķirīgas no šķiedrai perpendikulārā virziena. Šķiedru virzienā koksnes stiprība ir daudz lielāka.

Tā kā koksne ir šķiedru sakopojums, kas veidots no organiskām vielām, tās deformācija notiek, šķiedrām atraujoties, sabīdoties, saplokot, izliecoties, pārbīdoties vai pārtrūkstot. Par novērojamu deformāciju var runāt, koksni slogojot liecē, bet visos pārējos gadījumos koksne sabrūk pēkšņi, kad slodze sasniedz kritisko robežu. Tas izskaidrojams ar to, ka koksne deformējas apslēptā veidā, kad šūnu apvalkos vai to sakļaušanās vietās rodas mikroskopiskas plaisiņas. Plaisiņām savienojoties, veidojas tā sauktās slīdēšanas līnijas, kas slodzei pieaugot, pārvēršas par sagrāves līnijām, un attiecīgais paraugs sabrūk. Koksnes sabrukšana notiek visvājākajā materiāla vietā. Vājā vieta katrā paraugā atkarīga no ļoti daudziem faktoriem, kas zināmā mērā saistīti ar visai sarežģīto koksnes uzbūvi. Koksnes spēju pretoties dažādām deformācijām vai iekšējās struktūras izjaukšanai dažkārt sauc arī par sīkstumu. Pretēja īpašība ir trauslums (Ozoliņš, 2005).

Saplākšņa stiprību atkarībā no slogojuma veida raksturo gan spiedes, gan stiepes un lieces stiprība, gan bīdes stiprība plātnes bīdē un slāņu bīdē. Saplākšņa īpašību raksturošanai vēl izmanto lieces, stiepes un spiedes elastības moduļus, bīdes moduli plātnes bīdē vai starpslāņu bīdē, nestspēju.

Nestspējas aprēķināšanu veic saskaņā ar Eirokodeksu 5: Koka konstrukciju projektēšana. Piemēram, ja saplāksnis tiek izmantots autotransporta grīdām, tad lai katrā konkrētajā gadījumā zinātu, kādu saplākšņa marku un biezumu izvēlēties, jāzina, kāds būs atstatums starp metāla rāmja balstiem un kāda ir paredzamā maksimālā treilera vai autopiekabes kravnesība, t.i. iespējamā slodze uz saplākšņa vienu kvadrātmetru (A/S Latvijas Finieris..., 2004). Standartu apkopojums, kas attiecas uz saplākšņiem u.c. plātņu materiāliem, kurus izmanto A/S „Latvijas Finieris" produkcijas kontrolei[2] (skat. 1.2. tabulu):

2 http://finieris.skice.gids.lv/pub/ , skat. internetā 12.08.2008.

1.2. tabula

Saplākšnu ražošanas produkcijas kontroles standarti

Standarta Nr.	Standarta nosaukums
LVS EN 310	*Wood based panels. Determination of modulus of elasticity and bending strength.*
LVS EN 311	*Wood-based panels. Surface soundness. Test method.*
LVS EN 314 - 1	*Plywood. Bonding quality. Part 1: test methods.*
LVS EN 314 - 2	*Plywood. Bonding quality. Part 2: requirements.*
LVS EN 315	*Plywood. Tolerances for dimensions.*
LVS EN 322	*Wood based panels. Determination of moisture content.*
LVS EN 323	*Wood based panels. Determination of density.*
LVS EN 324 - 1	*Wood based panels. Determination of dimensions of boards. Part 1: Thickness, width and length.*
LVS EN 324 - 2	*Wood based panels. Determination of dimensions of boards. Part 2: Squareness, edge straightness.*
LVS EN 325	*Wood based panels. Determination of test pieces sizes.*
LVS EN 326 - 1	*Wood based panels. Sampling and cutting of test pieces and expression of test results.*
LVS EN 326 - 2	*Wood based panels. Sampling. Inspection of a consignment of panels.*
LVS EN 326 - 3	*Wood based panels. Sampling and cutting of test pieces and expression of test results.*
LVS EN 438 - 2	*Decorative high-pressure laminates (HPL) Part 2: Determination of properties.*
LVS EN 635 - 5	*Plywood – Classification by surface appearance – Part 5: Methods for measuring and expressing characteristics and defects.*
LVS EN 717 - 2	*Wood based panels. Formaldehyde release by gas analysis method.*
LVS EN 789	*Timber structures. Test methods. Determination of mechanical properties of wood based panels.*
LVS EN 1058	*Wood-based panels. Determination of characteristic values of mechanical properties and density.*
SFS 2413	*Quality requirements for appearance of plywood with outer plies of birch.*
ISO TC 139/ 1994	*Quality requirements for appearance of plywood with outer plies of birch.*

Uzņēmuma „Syktyvkar plywood mill" (Krievijā, Komi republikā) ražošanas un pārbaužu metožu standarti[3] (skat. 1.3. tabulu):.

1.3. tabula

Saplākšnu ražošanas produkcijas kontroles standarti

Standarta Nr.	Standarta nosaukums
Ražošanas standarti	
TU 5512-001-44769167-02	*Constructional birch plywood*
TU 5512-002-44769167-98	*Film-faced plywood*
TU 5512-003-44769167-98	*Constructional coniferous plywood*
DIN 68 705-3: 1981	*Sperrholz, Bau-Furniersperrholz (requiremant for constructional plywood)*

3 Table of standards. Syktyvkar Plywood. http://eng.plypan.com/SyPly/filmfaced/, skat 05.06.2008.

1.3. tabulas nobeigums

Standarta Nr.	Standarta nosaukums
EN 636-3	*Plywood Specifications. Part 3: Requirements for plywood for use in exterior conditions*
EN 13986	*Wood-based panels for use in construction. Characteristics, evaluation of conformity and marking*
Testu metožu standarti	
GOST 7016-82	*Wood. Parameters of surface roughness.*
GOST 9620-94	*Multilayer glued wood. Selection of test pieces and general requirements for testing.*
GOST 27678-88	*Chipboard and plywood panels. Perforating method for determination of formaldehyde content.*
GOST 9625-87	*Multilayer glued wood. Method for determination of ultimate strength and elasticity modules in static bending strength.*
GOST 9621-72	*Multilayer glued wood. Method of physical properties determination.*
GOST 9622-87	*Multilayer glued wood. Method for determination of ultimate strength and elasticity modules in straining.*
GOST 9624-93	*Multilayer glued wood. Method for determination of ultimate strength in shearing strength.*
DIN 52 371: 1968	*Prufung von Sperrholz, Biegeversuch (determination of ultimate strength in straining)*
DIN 53 255: 1964	*Prufung von Holzverleimen und Holzverleimungen, Bestimmung der Bindefestigkeit von Sperrholz-leimungen (Furnier- und Tichlerplatten) im Zugversuch und Aufstechversuch (determination of ultimate strength in shearing strength)*
EN 120	*Chipboard panels- perforating method for determination of formaldehyde content.*
EN 314-1	*Plywood bonding quality. Test methods.*
EN 310	*Determination of ultimate strength and elasticity modules in bending strength*
EN 322: 1993	*Chipboard panels- determination of moisture content.*
EN 323: 1993	*Chipboard panels- density determination.*
EN 324-1,2: 1993	*Chipboard panels- determination of cut precision. Part 1: determination of panelTs thickness and size Part 2 determination of corner and edges- cut precision*
EN 325: 1993	*Chipboard panels- determination of samples sizes.*
EN 717-2	*Wood-based panels. Determination of formaldehyde release. Part 2. Formaldehyde rebase by the gas analysis method*
DIN 52375	*Frufung von Sperrholz; Bestimmung des Feuchtig keit sgehaltes*

Saplākšņa mehānisko īpašību ietekmējošos faktorus nosacīti var iedalīt trīs grupās:

- koksnes morfoloģija;
- ražošanas faktori;
- materiāla pielietošanas apstākļi.

Pētījumi par koksnes morfoloģisko faktoru ietekmi uz koksnes mehāniskām īpašībām ir vieni no senākajiem pētījumiem koksnes zinātnē. Pētījumu rezultātā atklāts, ka koksnes mehāniskās īpašības varie atkarībā no koksnes augšanas ģeogrāfiskiem

apstākļiem, starp dažādiem kokiem un pat no atrašanās vietas vienas koka stumbra robežās (Palacios u.c., 2008). Tāpat veicot koksnes mehānisko īpašību pētījumus jāņem vērā, ka koksnes ir anizotropisks materiāls un līdz ar to mehāniskās īpašības variē atkarībā no koksnes slogošanas virziena. Ņemot vērā augstāk minēto un izvirzot pieņēmumu, ka saplākšņa ražotājs nespēj efektīvi ietekmēt koksnes piegādi un to pirmsapstrādes šķirošanu ievērtējot koksnes mehāniskas īpašības, šajā darbā nav apskatīts koksnes morfoloģisko īpašību ietekme uz koksnes mehāniskajām īpašībām.

Pieņemot, ka izejmateriāla kvalitāte ir konstanta, vieni no svarīgākajiem faktoriem kas ietekmē gala produkta mehāniskās īpašības ir ražošanas tehnoloģiskie parametri.

Ražošanas faktoru ietekme

Ražošanas faktorus, kas ietekmē saplākšņa mehāniskās īpašības, var iedalīt divās grupās:

- pirmapstrādes- ražošanas tehnoloģiskie faktori, kas ietekmē saplākšņa mehāniskās īpašības, piem. hidrotermiskās apstrādes režīmi, saplākšņa presēšanas režīmi u.c.;
- pēcapstrādes- dažādas saplākšņa pēcapstrādes operācijas un to ietekme, piem. saplākšņa modifikācija, pārklāšana ar citiem materiāliem u.c.

Finierkluču hidrotermiskā apstrāde

Hidrotermiskās apstrādes mērķis ir padarīt koksni plastisku un tādejādi tā ietekmē lobītā finiera kvalitāti. Lobītā finiera raupjums ir viens no faktoriem, kas ietekmē saplākšņa līmējuma kvalitāti un bīdes stiprību (Neese u.c., 2004). Finieriem ar mazu virsmas raupjumu līmējuma stiprība ir par 33 % augstāka nekā finieriem ar lielu raupjumu (Faust, Rice, 1986). Daudzi autori (Dundara u.c., 2008; Tanritanir u.c., 2006) savos pētījumos ir atzīmējuši, ka hidrotermiskās apstrādes parametri, laiks un temperatūra, ietekmē lobītā finiera raupjumu. Palielināts finiera raupjums samazina saskares virsmu starp finieriem, kas var radīt zemas kvalitātes līmējuma šuvi un samazināt saplākšņa mehāniskās īpašības. Aydin et al., 2005 norāda, ka finieriem virsmas raupjums ir zemāks finierkluču pirmapstrādi veicot ūdenī ar temperatūru 52ºC nekā 32ºC, un arī bīdes stiprība un ir augstāka (par 19%) saplāksnim izgatavotam no šiem finieriem un līmētam ar karbamīda formaldehīda sveķu līmi. Paraugiem līmētiem ar fenola formaldehīda sveķu līmi nav novērota būtiska bīdes stiprības pieaugums, ko autori skaidro ar fenola sveķu līmes augstāku viskozitāti.

Rohuma (Rohumaa u.c., 2007) atzīmē, paaugstinoties hidrotermiskās apstrādes temperatūrai no 20 ºC uz 70ºC izmainās bērza (*Betula sp.)* finieru pH un slapināšanas spējas. Rezultātā līmējuma stiprība novērtējot ar ABES (Līmējuma automātiskā novērtējuma sistēma) 70ºC apstradātiem finieriem ir par 20% augstāka nekā finieriem apstrādātiem 20ºC.

Finieru lobīšana

Kā jau augstāk minēts viens no līmējuma kvalitātes ietekmējošiem faktoriem ir finiera raupjums. Nenoliedzami, ka lobīšanas parametri (lobnaža parametri (piem., asinājuma kvalitāte), tā kontakta leņķis, lobnaža un apspiedēj līstes spiediens, lobīšanas ātrums u.c. parametri) ietekmē finiera raupjumu. (McMillin 1958; Lutz u.c., 1967)

Finieru žāvēšana

Augstas temperatūras ietekmē koksnē notiek ķīmiskas un strukturālas izmaiņas, kuru rezultātā izmainās koksnes mehāniskās īpašības un koksnes hidroskopiskās īpašības. (Lehtinen u.c., 1997) savos pētījumos par finiera žāvēšanas temperatūras ietekmi uz bērza un egles finieriem norāda, ka finieru žāvēšanas temperatūra vairāk ietekmē plānus finierus nekā biezus. Tāpat atzīmē, ka finieriem augstākas mehāniskās īpašības (stiepes) iegūtas finieriem, kas žāvēti 110ºC. Stiepes stiprība un elastības modulis samazinājies paaugstinot žāvēšanas temperatūru no 180 līdz 220ºC. Bērza finieri žāvē temperatūrā robežās no 170 līdz 185ºC, un līdz ar to būtisku mehānisko īpašību pazemināšana nav gaidāma.

Lielāka uzmanība jāpievērš faktiem, ka žāvējot koksni augstās temperatūrās mainās koksnes īpašība- salīmējamība ar līmēm. Augsta temperatūras ietekmē un pāržāvējot koksni (pāržāvēta koksne ir koksne ar mitruma saturu zem 2%), koksnes virskārta kļūst pārāk sausa, kas var izraisīt pārāk lielu ūdens iesūkšanos finieros un tādejādi apgrūtinot līmes vienmērīgu klājuma veidošanos.

Daudzi pētnieki runā, ka koksnes augstās temperatūrās kļūs neaktīva (*inactivate wood*) līmēšanai. Pirmo reizi šo terminu pielieto Hancock (1963), vēlāk Troughton and Chow (1971) definē, ka virsmas neaktīvitātes fenomens ir finieru virsmas izmaiņas, kas radušās iedarbojoties karstumam uz finieri, šīs iedarbības rezultātā koksne zaudē salīmēšanās spēju. Koksnes virsmas salīmētības spējas zudums notiek ne tikai iedarbojoties uz koksni ar augstām temperatūrām, bet arī ilglaicīgi iedarbojoties ar zemām temperatūrām, un tā ir atkarīga arī no kokus sugas (Sernek, 2002). Kā iespējamie iemesli literatūrā Christiansen (1990) minēti vairāki faktori:

- ekstratīvo vielu izraisīta apgrūtināta koksnes slapināšana;
- molekulu pārorientācija koksnes virskārtā;
- neatgriezeniska mikroporu aizvēršanās koksnes šūnu sienās;
- žāvējamā aģenta piesārņojuma izraisītas izmaiņas koksnē;
- u.c.

Lai arī kādi būtu iemesli tomēr visi autori atzīst, ka pakļaujot koksni augstai temperatūrai tās salīmējamības spēja samazinās, un tiek veikti pētījumi koksnes virsmas „aktivizācijai". Dažas virsmas „aktivizācijai" metodes:

- koksnes piesūcināšana ar ķīmiskām vielām, kas „aktivizē" virsmu (Chow 1975, Lu u.c., 2000; Sernek 2002);
- mehāniski slīpējot vai kā savādāk noņemot neaktīvās koksnes virskārtu (Aydin, 2004);
- vai pielietojot līmes, kurām ir liela iesūkšanās spēja koksnē, tādejādi sasniedzot „aktīvos" koksnes slāņus;
- u.c.

Finieru līmējamības spējas zudums var izsaukt gala produktā (saplākšņos) līmējuma kvalitātes problēmas- finieru kārtu atlīmēšanos. Lokālas atlīmēšanās defektus ir grūti pamanīt ražošanas procesā un tādēļ bieži vien tie tiek pamanīti plātnes ekspluatācijas vai tālākās apstrādes laikā.

Finieru saklāšana (paku veidošana)

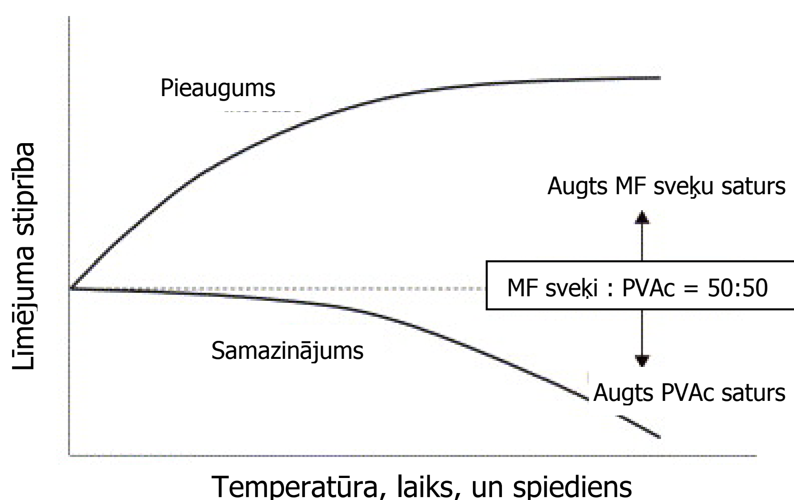
Finieru paku veidošana ietver sevī sekojošus mehānisko īpašību noteicošos faktorus, līmes veidu, līmes uznesumu, finieru saklāšanas shēmu u.c.

Runājot par līmes veidu galvenokārt ar to saprot līmes šuves stiprību, tās spēju izturēt nelabvēlīgas arējās vides apstākļus (paaugstinātu gaisa mitrumu, lietu utml.). Izvēloties līmes veidu jāņem vērā ne tikai gatavās produkcijas fizikāli mehānisko īpašības, bet arī tādus aspektus kā cilvēku veselības un vides nekaitīgumu.

Ražojot plānus saplākšņus un izmantojot mazu skaitu finierus, finieru defektiem ir liela nozīme uz saplākšņa mehāniskām īpašībām. Ražojot trīs kārtu saplāksņus no 3.2 mm bieziem (*Pinus taeda* L.) finieriem un variējot ar finieru šķirām ir iespējams panākt par 25% augstāku lieces stiprību un 20% elastības moduli (Shupe u.c., 1997). Dažādus anatomiskos koksnes trūkumus ir iespējams novērts vai mazināt veidojot saplākšņa plātni no plānākiem finieriem, tādejādi vienmērīgāk izkliedējot pa plātni, piemēram, zaru vietas vai citus mehānisko īpašību ietekmējošos faktorus.

Saplākšņa karstā presēšana

Sakarība starp karstās presēšanas režīma parametriem (temperatūru, laiku un spiedienu) un līmējuma stiprību, saplāksnim līmētam ar melamīna formaldehīda sveķu līmi un melamīna formaldehīda sveķu līmi modificētu ar polivinil acetātu attēlota attēlā 1.11.



1.11. att. Sakarība starp līmējuma stiprību un karstās presēšanas temperatūru, presēšanas laiku un spiedienu saplāksnim līmētam ar melamīna formaldehīda sveķu līmi un melamīna formaldehīda sveķu līmi modificētu polivinil acetātu (Kim, Kim, 2005).

Palielinot presēšanas spiedienu palielinās ari saplākšņa sapresēšanās pakāpe un līdz ar to pieaug arī stiprība un elastības modulis liecē. Pētījumi rāda, ka 5 kārtu egles saplāksnim,l ar finieru biezumu 3mm garenfinieriem un 3.5 mm šķērsfinieriem, lieces stiprība izmaiņas pārsniedz 20% izmainot presēšanas spiedienu no 0.9 līdz 1.4 $N{\cdot}mm^{-2}$ (Král, Hrázský, 2006).

Apkopojot iepriekš apskatīto informāciju saplākšņa fizikāli mehānisko īpašību galvenie ietekmējošie faktori ir:

- ražošanā izmantotās koksnes veids;
- ražošanā izmantotās koksnes kvalitāte;
- finiera kārtu daudzums, saplākšņa biezums un sapresēšanas pakāpe;
- finiera kārtu orientācija un slodzes iedarbības veids;
- līmēšanas paņēmiens un izmantotās līmes veids;
- apstrāde ar ķīmiskām vielām un dažādu materiālu izmantošana atsevišķu īpašību uzlabošanai;
- saplākšņa mitrums, uzglabāšanas un transportēšanas apstākļi, apkārtējās vides temperatūra.

1.2.1 Saplākšņa ražošanā izmantotās koksnes veids un tā ietekme uz saplākšņa fizikāli- mehāniskajām īpašībām

Saplākšņa ražošanā izmantotā koksne kā materiāls būtiski ietekmē saplākšņa stiprību. Līmēto saplāksni lielākoties izgatavo no bērza koksnes, taču var izmantot arī alksni, osi, ozolu, kļavu, priedi, lapegli u.c. Cieta koksne ir piemēram, bērzam, dižskābardim, bet mīksta- dažādām egļu sugām, priedei. Koksnes suga ietekmē gan iegūstamā materiāla blīvumu un virsmas cietību, gan izturību un elastību. Piemēram, blīvāka koksne ir elastīgāka.

Koksnes fizikālās un mehāniskās īpašības ir atkarīgas arī no parauga vietas stumbrā; tās izmainās gan stumbra garenvirzienā, gan arī šķērsvirzienā. Lielākajai daļai koku sugu koksnes fizikālās un mehāniskās īpašības pasliktinās virzienā no celma uz galotni. Koksnes īpašības ir atkarīgas arī no agrīnās un vēlīnās koksnes daudzuma. Vēlīnās koksnes stiprība ir aptuveni trīsreiz lielāka par agrīnās koksnes stiprību. Acīmredzot tas ir saistīts ar šūnu sieniņu biezumu. Tātad kokiem, kas aug lēni un kuru koksnes sastāvā vēlīnās koksnes ir vairāk, ir lielāka stiprība pret visām slodzēm. Arī koku augšanas apstākļi, koku vecums, ciršanas laiks ietekmē koksnes stiprību (Ozoliņš, 2005).

1.2.2 Ražošanā izmantotās koksnes kvalitāte

Saplākšņa stiprība un citas fizikāli mehāniskās īpašības ir saistītas ar koksnes kvalitāti, kas nosaka saplākšņa šķiru atkarībā no vizuāli saskatāmu defektu un vainu daudzuma (zari, caurumi, koksnes struktūras neviendabīgums, māzerainums, plaisas un plīsumi, brūnējums, trupe u.c.), vainu labojumiem, ieliktņiem vai aiztepējumiem. Piemēram, A/S „Latvijas Finieris ražotajam saplāksnim „Riga Ship Ply" ir paaugstinātas prasības attiecībā uz fizikāli mehāniskajām īpašībām, ko panāk, saplākšņa iekšējās kārtās līmējot augstākas kvalitātes finierus. Šo saplākšņa marku ražo speciāli sašķidrinātās gāzes transportēšanas kuģu konteineriem.

Viena loksne var arī būt veidota no dažādas šķiras saplākšņiem, piemēram, ārējās kārtas atbilst vienai šķirai, iekšējās- citai (Koks Būvniecībā, 2007; Wood handbook, 1999).

Finiera iegūšanas procesā svarīgs ir arī baļķu sildīšanas process pirms lobīšanas. Ja sildīšana ir pietiekama, iegūst augstākas kvalitātes finieri, jo tajā ir mazāk plaisu- parasti, lobot baļķa ārējās kārtas, kuras ir siltākas, finierī ir mazāk plaisu, kā finierī, kas iegūts, lobot iekšējās kārtas. No iekšējām baļķa kārtām iegūtais finieris ir mazāk kvalitatīvs arī tādēļ, ka stumbra iekšienē vairāk ir agrīnā koksne, kurai ir mazāka stiprība un spēcīgāk izteikts māzerainums un viļņainums. Arī paša lobīšanas procesa kvalitāte var ietekmēt iegūtā finiera kvalitāti. Dēļ iegūtajām smalkajām plaisām, kas novietotas šķiedru virzienā, viena finiera puse ir mazāk gluda, kā otra. Saplākšņa ārējās finiera kārtas novietojot ar

saplaisājušo pusi uz iekšu, līmes kārta iesūcas plaisās un tās saista, kā arī ir labāks ārējais izskats. Finiera kvalitāti ietekmē arī tā žāvēšanas temperatūra pēc lobīšanas- tā nedrīkst pārsniegt pieļaujamo. Augstākas temperatūras pielietošana paātrina ražošanu, bet samazina finiera kvalitāti (Bowyer u.c., 2003).

1.2.3 Finiera kārtu daudzums, saplākšņa biezums un sapresēšanas pakāpe

Saplāksnis ir lokšņu materiāls, kas sastāv no trīs un vairākām savā starpā salīmētām lobītā finiera loksnēm. Ārējās kārtas loksnes sauc par segfinieriem, iekšējās par vidusfinieriem. Saplākšņu biezums ir atkarīgs no atsevišķu lobītā finiera lokšņu biezuma un kārtu skaita, tas var būt no 3 līdz 50 mm. Biezums un kārtu skaits ietekmē saplākšņa stiprību. Biezākos plātņu materiālus izmanto vietās, kur paredzama lielāka slodze (jumta segumi, grīdas, betona veidņi), plānākās- apdarei, mēbelēm. Arī atsevišķo finiera kārtu biezums ietekmē saplākšņa stiprību (Hrázský, Král, 2005). No saplākšņiem, kuru kopējais biezums ir vienāds un kuru segfinieri veidoti no vienas sugas koksnes, lielāka stiprība un stingums būs tai plātnei, kuram segfinieri ir biezāki. Arī sapresēšanas pakāpe ražošanas procesā ietekmē saplākšņa saišu stiprību, blīvumu, izturību (Wood handbook, 1999).

1.2.4 Finiera kārtu orientācija un slodzes iedarbības veids

Lai saplākšņus padarītu pēc iespējas homogēnākus un palielinātu to stiprību, finiera kārtu salikumu veido tā, lai blakus esošajām kārtām koksnes šķiedru virziens būtu perpendikulārs. Šādi līmēta saplākšņa stiprība ir augstāka nekā dabīgai koksnei. Tomēr blakus esošās finiera kārtas var tikt savienotas arī tā, ka to šķiedras virziens ir paralēls. Šīs struktūras rezultāts parasti ir saplāksnis, kuram ir augstas mehāniskās īpašības virzienā, kas paralēls virsmas finierējuma šķiedrai. Pēc virsējās finiera kārtas šķiedras virziena saplāksnis var būt gan garenšķiedras, gan šķērsšķiedras. Šķiedras orientācijas virziens nosaka saplākšņa stiprības rādītājus. Garensaplākšņa priekšrocība ir tā, ka novietojot tā garo malu paralēli laidumam (perpendikulāri atbalstiem), iegūst tā saukto „stipro novietojumu". Šādā novietojumā saplākšņa loksnei ir vairāk kārtu ar šķiedru virzienu perpendikulāri atbalstiem.

Saplākšņa stiprību ietekmē ne tikai slogojuma veids (stiepe, spiede, liece, bīde), bet arī tas, vai slodze ir pastāvīga vai mainīga, vai tā ir statiska, triecienveida vai vibrācijas veida. Slodze var būt arī daudzkārtīga, kas ik pa laikam atkārtojas. Koksne vislabāk iztur pastāvīgu statisku slodzi (Ozoliņš, 2005).

1.2.5 Līmēšanas paņēmiens un izmantotās līmes veids

Līmēšanā izmantotās līmes veids nosaka saplākšņa izturību pret mitrumu. Visbiežāk lietotās ir sekojošas līmes un tās saplāksnim piešķir šādas īpašības:

- ar fenola- formaldehīda sveķu līmi iegūst apkārtējās vides un laika apstākļu izturīgu līmējumu- paaugstinātas ūdensizturības saplāksni;
- ar modificētu melamīna- karbamīda- formaldehīda sveķu līmi iegūst vidējas mitrumizturības saplāksni, kas izmantojams arī ārā;
- ar karbamīda- formaldehīda līmi iegūst saplāksni, ko var izmantot tikai iekšdarbos, jo tā mitrumizturība ir samazināta (ierobežotas ūdensizturības saplāksnis).

Fenola- formaldehīda un citu koksnes līmju sastāvā var pievienot lignīnu, kas ir dabīgā koksnes saistviela un celulozes ražošanas blakusprodukts. Ekoloģiskā un ekonomiskā ziņā tas ir izdevīgāk, jo lignīns, pretēji fenolam, netiek iegūts no naftas. Dažviet no naftas iegūtās saistvielas tiek aizstātas arī ar sojas un tanīnu saistvielām.

Ar speciālām piedevām līmju sastāvos var regulēt līmes iesūkšanās ātrumu substrātā, sacietēšanas ātrumu, lipīgumu, viskozitāti, kā arī paaugstināt materiāla izturību pret degšanu, kaitēkļu iedarbību (Bowyer u.c., 2003).

1.2.6 Apstrāde ar ķīmiskām vielām un dažādu materiālu izmantošana atsevišķu īpašību uzlabošanai

Neapdarīta saplākšņa virsmu ir iespējams pārklāt ar dažādiem koksnes aizsarglīdzekļiem pret zilējumu vai pelējumu. Tomēr ar ķimikālijām apstrādāta koksne reti ir labākais risinājums veselības un vides apsvērumu dēļ. Saplākšņa apstrāde ar ķimikālijām pret bojāšanos un degšanu reizēm var nelabvēlīgi ietekmēt saplākšņa fizikālās un mehāniskās īpašības, piemēram, izraisot koksnes un līmes saišu vājināšanos (Wood handbook, 2003).

Tiek ražoti arī saplākšņi, kas apstrādāti ar vielām, kas atgrūž ūdeni vai arī īpaši saplākšņa veidi ar izolējošām īpašībām, piemēram, „SolarPly”, „Plytanium Radiant Barrier Roof Sheathing”, ko izmanto klimatiskajās zonās, kur vēlams samazināt saules siltuma nokļūšanu ēkās caur jumtu, ļaujot ekonomēt telpu dzesēšanai patērēto enerģiju. Šī saplākšņa virspuse vai iekškārtas tiek pārklātas ar īpašu siltumu atstarojošu materiālu- speciāla dizaina alumīnija folijas un kraftpapīra lamināta slāni[4,5]. Par dažādu materiālu un tehnoloģiju izmantošanu atsevišķu īpašību uzlabošanai vairāk turpmākajās nodaļās.

1.2.7 Saplākšņa mitrums, uzglabāšanas un transportēšanas apstākļi, apkārtējās vides temperatūra

Saplākšņa ražošanā izmantoto finieru mitruma saturs svārstās no 4- 10%. Koksnes un tās produktu stiprība un elastīgās īpašības ir atkarīgas no mitruma satura līdz šķiedru piesātinājuma punktam. Virs tā īpašības vairs būtiski nemainās. Pie mitruma satura no 8-18% koksnes un saplākšņa īpašību izmaiņas ir visstiprākās (Hrázský, Král, 2005).

Tā kā koksne ir higroskopisks materiāls, arī saplāksnis ir mitrumu uzņemošs materiāls. Tā mitruma saturs ir atkarīgs no apkārtējās vides temperatūras un gaisa relatīvā mitruma. Tas var mainīties transportēšanas vai uzglabāšanas laikā. A/S „Latvijas Finieris” ražoto saplākšņu mitrums ir robežās no 7 līdz 10% (Koks būvniecībā, 2007).

Līdz ar koksnes mitruma izmaiņām notiek arī saplākšņa izmēru izmaiņas- tas vai nu uzbriest, vai saraujas. Ražošanā paredzot tālāku apstrādi, svarīgi, lai saplāksnis aklimatizētos, t.i. ieņemtu līdzsvara mitruma stāvokli, kuram jābūt maksimāli tuvam gala lietošanas līdzsvara mitrumam- tas ir mitrums, ko koksne iegūst ilgāku laika periodu atrodoties noteiktos, nemainīgos apstākļos, ko izsaka gaisa temperatūra un relatīvais mitrums.

Ņemot vērā iepriekš minēto, jāizvēlas uzglabāšanas telpas ar līdzīgiem gaisa parametriem kā gala pielietošanas telpās. Nokraujot saplākšņus aklimatizēšanai horizontālajās krautnēs, jāievēro princips- jo mazāks krāvuma (pakas) augstums, jo īsāks aklimatizācijas periods. Ideālā gadījumā, veidojot krautni, katru plātni būtu jāatdala ar starplikām. Saplāksnis, kas nokrauts blīvā krāvumā, uzņem vai izdala mitrumu vienīgi no nenosegtajām plātņu virsmām, t.i. malām un virsējās un apakšējās plātnes atsegtajām plaknēm. Nepieciešamais laiks saplākšņa aklimatizācijai ir atkarīgs no vairākiem faktoriem: līdzsvara mitruma starpības- starpība starp saplākšņa mitrumu un attiecīgās vides raksturīgo saplākšņa līdzsvara mitrumu, gaisa plūsmas, plātnes biezuma, citiem faktoriem.

Var uzskatīt, ka plātne ir ieguvusi līdzsvara mitrumu, ja tās svars nemainās, sverot to ar 24 stundu intervālu. Novietojot saplākšņa pakas mitrā vidē, jāatver iepakojuma lentas (parasti metāla vai plastmasas), jo, uzbriestot saplāksnim, šīs lentes var iespiesties plātņu malās. Uzņemot vai izdalot mitrumu par 1%, aptuvenās saplākšņa gabarītizmēru izmaiņas ir: garumā 0.02%, platumā 0.02% un biezumā 0.3% (Koks būvniecībā, 2007).

4 Plytanium Radiant Barrier Roof Sheathing,www.gp.com/BUILD/DocumentViewer.aspx?repository=BP&elementid=4916; skat. internetā 30.05.2008.
5 SolarPly, http://www.coastalplywood.com/SolarPlySpec.pdf, skat. internetā 30.05.2008.

Svarīgi, ka maliņu krāsošana materiālus aizsargā un aizkavē ūdens un mitruma iekļūšanu saplāksnī caur tā malām. Ja saplāksnim nav pārklātas malas, tā uzbriešana var notikt līdz pat trīs reizēm vairāk, nekā tad, kad maliņas pārklātas ar mitrumu aizturošu krāsu.

Saplāksni ir svarīgi pareizi uzglabāt un transportēt tā pārstrādes un izmantošanas laikā. Daudz pretenziju rodas klientu neinformētības dēļ (nepareiza uzglabāšana, transportēšana un nepareizu apstrādes tehnoloģiju izvēle). Nepieciešamo informāciju var iegūt gan no ražotājiem, gan vadoties pēc norādījumiem standartā ENV 12872 „Koksnes plātnes. Norādījumi slodzi nesošu plātņu lietošanā grīdu, sienu un jumtu konstrukcijās". Viens no galvenajiem uzglabāšanas noteikumiem ir saistīts tieši ar uzglabāšanas vietu- to jāuzglabā no ūdens (lietus, sniega) pasargātās vietās vai telpās ar labu gaisa cirkulāciju. Plātnes nedrīkst kraut uz grīdas, tās jānovieto uz paliktņiem vai brusām, kuriem jābūt vienāda augstuma vienā horizontālā līnijā. Attālumam starp zemi un apakšējo plātni jābūt lielākam par 8 cm, tādējādi pasargājot plātnes no apšļakstīšanās. Krautnei jābūt novietotai uz vismaz 3 brusām vai paliktņiem, starp kuriem attālums ir aptuveni 80 cm. Kraujot saplākšņa pakas vienu uz otras, starplikām vienai virs otras jābūt vienā vertikālā līnijā (Koks būvniecībā, 2007). Ļoti spēcīgi saplākšņa lieces stiprību un elastības moduli liecē ietekmē temperatūra. Tai palielinoties, lieces stiprība un elastības modulis samazinās. Šeit ir liela ietekme arī mitruma saturam. Temperatūras un mitruma satura ietekme jūtami izpaužas 60-90ºC temperatūrā. Pieaugot mitruma saturam un temperatūrai, stiprība ievērojami samazinās. Ja abi faktori iedarbojas vienlaicīgi, tad to ietekme uz stiprības samazināšanos ir daudz jūtamāka, nekā katram atsevišķi (Hrázský, Král, 2005).

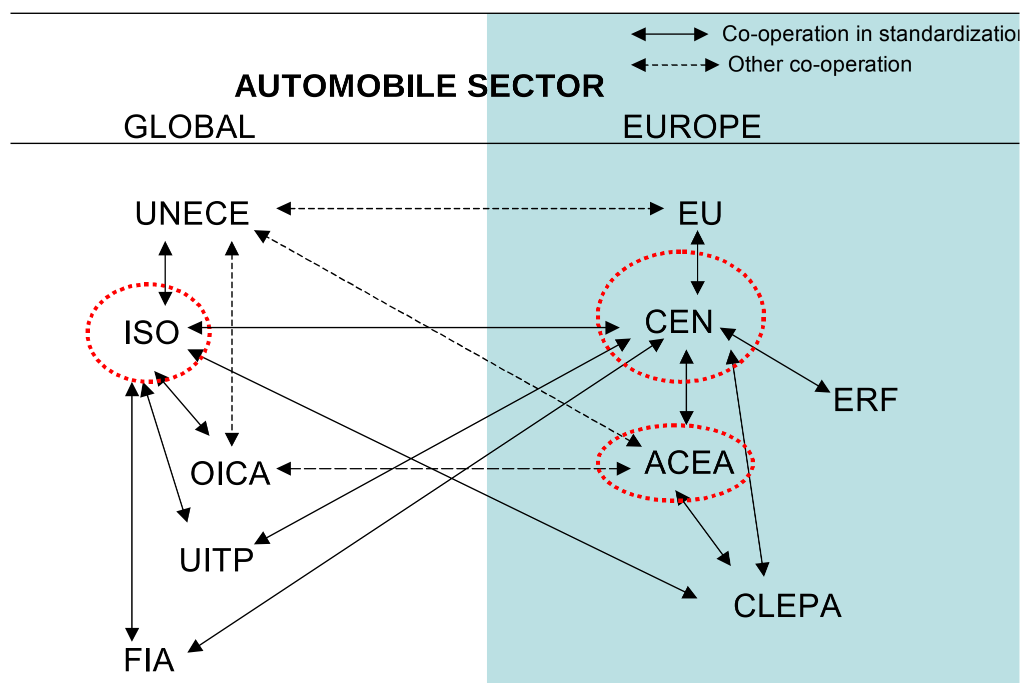
1.3 Autobūves industriju likumdošanas, standartu un tehnisko noteikumu prasību apkopošana un analīze

Standarts ir dokuments, kas ietver vispārējus un daudzkārtēji piemērojamus noteikumus, norādījumus vai raksturojumus dažāda veida darbībām vai to rezultātiem un ir vērsts uz optimālas sakārtotības pakāpi noteiktā jomā. Standartiem ir jābūt pamatotiem, apvienojot zinātnes un ražošanas pieredzi un jāveicina labuma gūšana pēc iespējas plašākam lietotāju daudzumam. Standartus izstrādā balstoties uz savstarpēja konsensusa principiem.

Standarti nodrošina saderību un aizvietojamību, kas ir būtiski svarīgi, lai panāktu izmaksu samazināšanos liela apjoma ražošanā un ekspluatācijā. Daudzi standarti ietver tehnoloģiska rakstura informēciju, tie apraksta testēsanas metodes, kas dod iespēju pārbaudīt, vai attiecīgais izstrādājums ir tieši tas, par ko tas pretendē būt. Standarti stabilizē tirgu, kurā tiek minimizēts patērētāja risks iegādāt neatbilstošu produktu vai pakalpojumu.

Standartu izstrādē piedalās daudzas ieinteresētās puses- produkcijas ražotāji, pakalpojumu sniedzēji, lietotāji, patērētāju tiesību aizsardzības organizācijas, kā arī sertifikācijas, testēšanas, kontroles un uzraudzības organizācijas. Šo pušu pārstāvji veido standartizācijas tehniskās komitejas, kuras sagatavo adaptācijai starptautiskos standartus vai izstrādā nacionālos dokumentus.

Lielākās daļas standartu lietošana ir brīvprātīga. Standartu lietošana kļūst obligāta, ja tā noteikta Eiropas un nacionālajos likumdošanas aktos, līgumos vai citu tiesisku saistību gadījumos (skat. 1.12. un 1.13. att.).



1.12. att. Autobūves sektora starptautiskā standartizācijas struktūrshēma

UNECE, ANO Eiropas Ekonomiskā komiteja (United Nations Economic Commission for Europe)

UITP, Starptautiskā Sabiedriskā transporta apvienība (The International Union of Public Transport)

OICA, Starptautiskā Motorizēto transporta līdzekļu ražotāju organizācija (The International Organization of Motor Vehicle Manufacturers)

FIA, Starptautiskā Automobiļu federācija (International Automobile Federation)

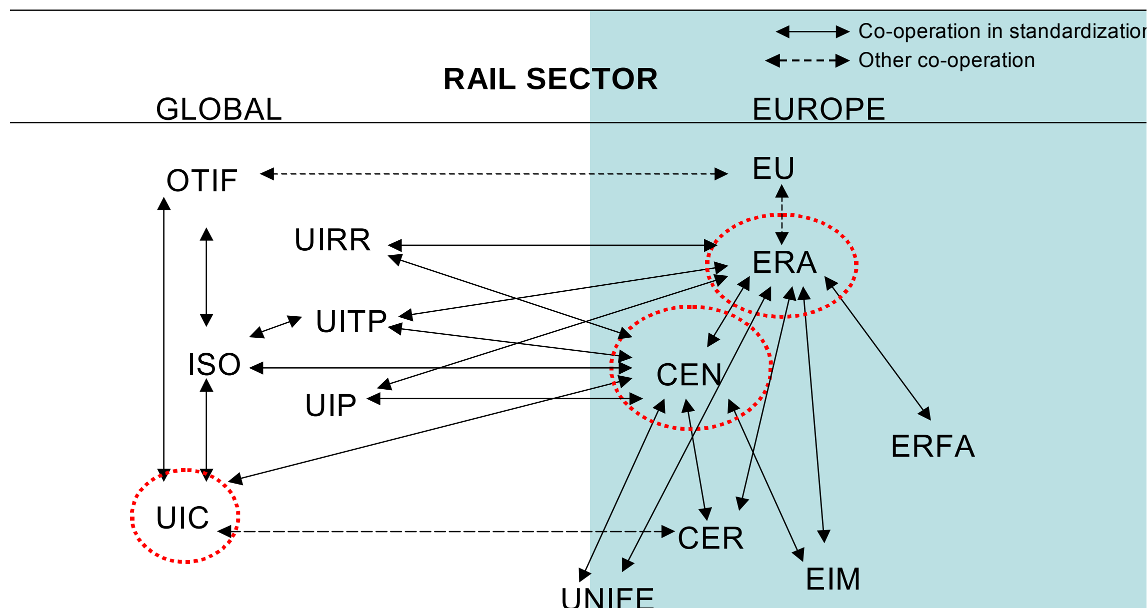
ISO, Starptautiskā Standartizācijas organizācija (International Standardization Organization)

ERF, Starptautiskā Ceļu federācija (International Road Federation)

ACEA, Eiropas Automobiļu ražotāju asociācija (European Automobile Manufacturers Association)

CLEPA, Eiropas Automatīvo piegādātāju asociācija (European Association of Automotive Suppliers)

CEN, Eiropas Standartizācijas komiteja (European Committee for Standardization)



1.13. att. Dzelzsceļa sektora starptautiskā standartizācijas struktūrshēma

UITP, Starptautiskā Sabiedriskā transporta apvienība (The International Union of Public Transport)

COTIF, The Intergovernmental Organisation for International Carriage by Rail

UIC, Starptautiskā Dzelzsceļu apvienība (International Union of Railways)

UIRR, Starptautiskā Apvienoto auto un dzelzsceļu transporta uzņēmumu apvienība (International Union of combined Road-Rail transport companies)

UIP, Starptautiskā Privāto vagonu apvienība (International Union of Private Wagons)

ISO, Starptautiskā Standartizācijas organizācija (International Standardization Organization)

ERA, Eiropas Dzelzsceļu aģentūra (European Railway Agency)

CER, Eiropas Dzelzsceļu un to infrastruktūru uzņēmumu apvienība (Community of European Railways and Infrastructure Comp.)

ERFA, Eiropas Dzelzsceļa pārvadājumu asociācija (European Rail Freight Association)

EIM, Eiropas Dzelzsceļa infrastruktūras vadība (European Rail Infarastructure Managers)

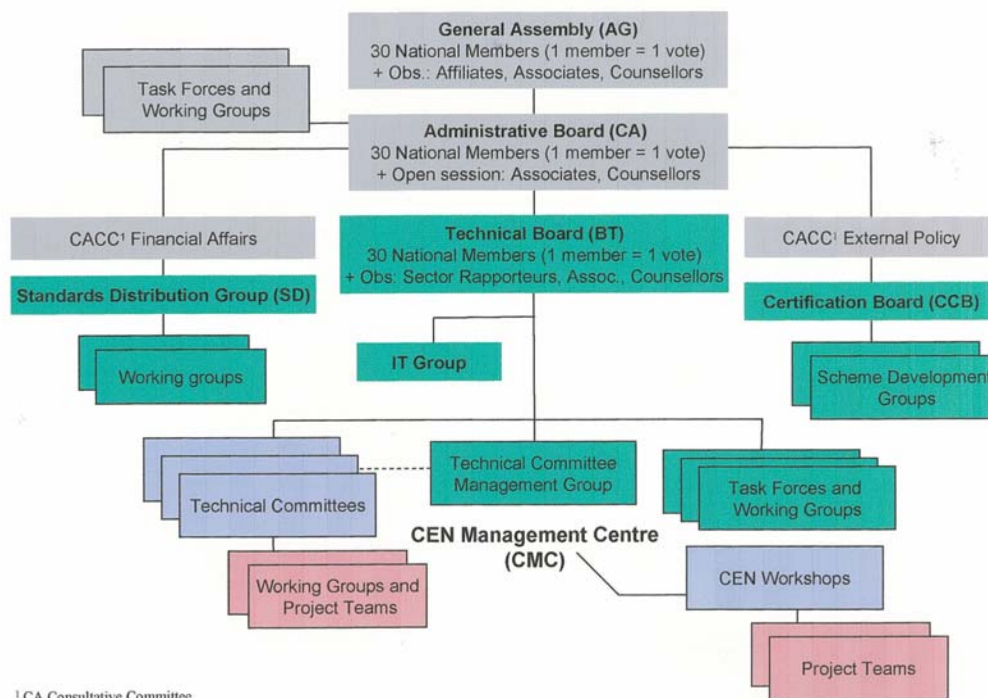
UNIFE, Eiropas Dzelzsceļu nozaru asociācija (Association of European Railway Industries)

CEN, Eiropas Standartizācijas komiteja (European Committee for Standardization)

Eiropas standartizācija (CEN)

Eiropas Standartizācijas komitejā CEN darbojas 30 nacionālie biedri, 7 asociētie biedri un 2 korespondējošās organizācijas.

CEN strādā ciešā sadarbībā ar Eiropas Elektrotehniskās standartizācijas komiteju (CENELEC), Eiropas Telekomunikācijas standartu institūtu (ETSI) un Starptautisko Standartizācijas organizāciju (ISO), kā arī ar Eiropas profesionālajām un tirdzniecības organizācijām (skat. 1.14. att.).



1.14. att. Eiropas Standartizācijas komitejas CEN struktūrshēma

Transporta industrijai saistošie standarti tiek izstrādāti sekojošās Eiropas standartizācijas tehniskajās komitejās :

CEN/SS T01 Kuģu būve (Shipbuilding and maritime structures),

CEN/TC 15 Iekšzemes navigācijas kuģi (Inland navigation vessels),

CEN/TC 150 Rūpnieciskie transportlīdzekļi –drošība (Industrial trucks- safety),

CEN/TC 242 Drošības prasības pasažieru pārvadāšanas līdzekļiem (Safety requirements for passenger transportation),

CEN/TC 245 Transporta līdzekļi atpūtai (Leisure accommodation vehicles),

CEN TC 256 Dzelzsceļš (Railway applications),

CEN TC 278 Ceļu transporta un satiksmes norādes (Road transport and traffic telematics).

CEN TC 282 LNG montāža un iekārtas (Instalation and equipment for LNG),

CEN TC 301 Auto transports (Road vehicles),

CEN/SS T03 Auto transports (Road vehicles),

CEN WS 045 Specifikācijas un vadlīnijas triecieniemm pakļautiem transporat līdzekļiem (Specification and guidance for impact rated vehicles),

CEN/CLC/WG Ugunsaizsardzība dzelzsceļa satiksmes līdzekļos (Fire protection for railway application)

Kopā šajās tehniskajās komitejās un apakškomitejās ir izstrādāti 279 standarti. Šobrīd tiek turpināts darbs pie 74 standartiem. Tomēr lielākā daļa no šiem dokumentiem nosaka:

- drošības prasības elektriskajām un elektroniskajām konstrukcijām;
- pieļaujamās normas un pārbaudes metodes vibrācijām, skaņas līmenim vai emisijām;
- prasības atbilstības marķējumiem.

Lielākā daļa no CEN/SS T01 , CEN/TC 15 un CEN TC 282 izstrādātajām kuģu būves pārbaudes metodēm ir adaptēti ISO standarti.

Ņemot vērā aizvien pieaugošo koksnes un tās produktu pielietojumu transporta industrijā, 2007.gadā CEN/TC 112 Koksnes plātnes (Wood based panels) ir identificējusi nepieciešamību izstrādāt ražotāju un lietotāju interesēm atbilstošus standartus.

Starptautiskā standartizācijas organizācija (ISO)

Starptautiskā standartizācijas organizācija ISO ir nacionālo standartizācijas organizāciju federācija, kurā ir apvienotas 157 organizācijas. No tām – 104 pilntiesīgi biedri, 43 korespondētājbiedri un 10 abonētājbiedru.

Transporta industrijai saistošie standarti tiek izstrādāti sekojošās ISO tehniskajās komitejās:

TC 8	Kuģi un jūras tehnoloģijas (Ships and marine technology),
TC 22	Auto transports (Road vehicles),
TC 104	Kravu konteineri (Freight containers),
TC 110	Rūpnieciskie transporta līdzekļi (Industrial trucks),
TC 241	Projekta komiteja: Ceļu satiksmes drošība (Project Committee: Road Traffic Safety).

Vislielākais standartizācijas darbs tiek veikts TC 22. Šī komiteja ir izstrādājusi 692 standartus. 40 standarti ir sagatavošanas/ apspriešanas stadijā. Galvenie standartizācijas virzieni ir savietojamība, savstarpējā aizvietojamība un drošība. Standartos ir dotas atsauces uz tehnoloģijām un testēšanas procedūrām, lai novērtētu auto transporta līdzekļu atbilstību Vīnes konvencijas prasībām. Komitejas darbā piedalās 25 valstis, novērotāja statusā ir 43 valstis.

Otra nozīmīgākā ir TC 110. Šī komiteja ir izstrādājusi 43 standartus. 2standarti ir sagatavošanas/ apspriešanas stadijā. Galvenie standartizācijas virzieni ir nozares terminoloģija, projektēšanas un konstrukcijas drošības prasības, pārbaudes un inspekcijas metodes, kā arī vadības un apkopes metodes.

ISO ir viena no visnozīmīgākajām un autoritatīvākajām standartizācijas organizācijām. Ņemot vērā pasaules globalizācijas procesus, šīs organizācijas izstrādātie standarti ir ar visplašāko pielietojumu un autoritāti.

Transporta industrijas rūpnieciski standartizētās prasības

Standartizācijas procesi visbiežāk ir laikietilpīgi- tas nozīmē, ir nepieciešami vairāki gadi, lai standartu izstrādātu, apspriestu, apstiprinātu, publicētu un tas stātos spēkā. Lai paātrinātu dokumentu izstrādes procesu un paaugstinātu produkcijas izejvielu / izejmateriālu / komplektējošo sastāvdaļu kvalitātes kontroles efektivitāti, daudzi autobūves giganti vai to apvienības izstrādā savus rūpnieciskos standartus, kuri aizvien biežāk sava plašā pielietojuma dēļ tiek neoficiāli akceptēti kā likumdošanas akti.

Piemēri

Firma Mercedes-Benz ir izstrādājusi kvalitātes noteikumus DBL 5716 , kas jāievēro, lai saplākšņus pielietotu pasažieru pārvadājuma līdzekļu salonos. Šajā dokumentā ir noteiktas ne tikai pieļaujamās vērtības mehāniskajām īpašībām (izliecei slogojot graujoši, izliecei pie noteikta slogošanas režīma, stiprībai), bet arī emisijas īpašībām (VOC, t.sk., formaldehīda emisijai, smaržas testam) un specifiskām ugunsnoturības īpašībām.

Gadījumos, ja transporta līdzekļi ir paredzēti pasažieru pārvadāšanai, tiem izvirza īpaši kontrolētas prasības attiecībā par apdarē pielietotajiem ķīmiskajiem materiāliem (lakām, krāsām, atšķaidītājiem un pildvielām utml). Piemēram, kvalitātes noteikumi VDA 232-101 nosaka sekojošus ķīmisko materiālu ierobežojumus:

1. aizliegti atšķaidītāji– kopā 12 veidu,
2. līdz minimālam patēriņam lietoti atšķaidītāji- 2 veidu,
3. aizliegtās pildvielas- 8 veidu,
4. krāsu pigmenti– 14 veidu noteiktās koncentrācijās,

Noteikumos VDA 232-1001 ir iekļauts arī ķīmisko vielu saraksts (91 pozicija), par kura prasību iesvērošanu ražotājam ir jāiesniedz apliecinošā atbilstības deklarācija.

Kvalitātes noteikumos DBL 8585 atbilstoši VDA 278 prasībām ir noteiktas pieļaujamās VOC vērtības, kā arī pieļaujamās kacerogēno, mutagēno un embriotoksisko vielu koncentrācijas.

Latvijas nacionālā standartizācijas sistēma

Latvijas standartizācijas sistēmas pirmsākumi izveidojās 20.gadsimta sākumā. Latvijā cija visi standartizētās ražošanas priekšnosacījumi: pieteikami augsts tehnikas un ražošanas attīstības līmenis, labi organizēts tirgus un plašs patērētāju loks. Standartizētās prasības vispirms tika ieviestas eksporta precēm (kokmateriāliem, liniem, pārtikas precēm- sviestam, bekonam), lai uzlabotos latvijas ražojumu kvalitāte un konkurentspēja ārzemju tirgos.

Pirmā Latvijas nacionālā standartizācijas organizācija- Saimnieciskās racionalizācijas institūts, darbu uzsāka 1939.gada februārī.

Pēc 2.pasaules kara Latvija tika iekļauta PSRS vienotajā standartizācijas (ГОСТ) sistēmā.

Pēc neatkarības atjaunošanas jaunizveidotā Latvijas standartizācijas sistēma atbilst Eiropas un starptautiskajai prasībām un praksei. Latvijas nacionālā standartizācijas organizācija ir bezpeļņas organizācijas valsts sabiedrība ar ierobežotu atbildību „Latvijas Standarts" (LVS).

„Latvijas Standarts"ir Eiropas Standartizācijas komitejas biedrs un Starptautiskās Standartizācijas organizācijas ISO asociētais biedrs.

Latvijas nacionālo standartu statusā ir adaptēti visi Eiropas standarti (EN).

Ar transporta industriju saistītie Eiropas standarti tiek izskatīti sekojošās standartizācijas tehniskajās komitejās:

LVS/STK/28 Mašīnu drošība,

LVS/STK/39 Dzelzceļi,

LVS/STK/50 Traktori, pašgājējmašīnas un to piekabes,

LVS/DG/01 CSDD reģistrējamie transportlīdzekļi.

Pieaugot koksnes izstrādājumu pielietojumam transporta industrijā, var prognozēt, ka nozares interesēs ir paaugstināt LVS/STK/38 Kokmateriāli aktivitāti ne tikai Eiropas

standartu izstrādāšanas un adaptācijas procedūrās, bet arī uzsākt sadarbību ar saistītajām ISO tehniskajām komitejām.

Latvijas likumdošanā noteiktās prasības transporta līdzekļiem

Latvijas likumdošanas prasības transporta līdzekļiem ir noteiktas sekojošos Ministru Kabineta noteikumos:

MK Noteikumi Nr.595 (13.07.2004) „Jaunbūvējamo transporta līdzekļu konstrukcijas normatīvitehniskās dokumentācijas saskaņošanas un starptautiskā izgatavotāja identifikācijas koda piešķiršanas kārtība";

MK Noteikumi Nr.725 (17.08.2004) „Transportlīdzekļu pārbūves noteikumi";

MK Noteikumi Nr.446 (27.04.2004) „Transportlīdzekļu reģistrācijas noteikumi".

Šajos likumdošanas aktos ir dokumentēti nozares termini, klasifikācijas principi, pieļaujamās vērtības slodzēm, trokšņiem, izmešiem. Tajos nav noteiktas detalizētas prasības transporta līdzekļu konstrukcijās lietotajiem materiāliem vai to kompozicionālajām sistēmām.

Situācijas vērtējums. Priekšlikumi. Ieteiktās darbības

Transporta industriju reglamentējošajos likumdošanas dokumentos ir noteiktas vispārējas prasības (galvenās vadlīnijas, kas jāievēro)

Starptautiskajos standartos (EN, ISO) noteiktās prasības un pārbaužu metodes absolūti dominējošā daudzumā ir par drošības, darba vides, ekoloģiskiem jautājumiem.

Palielinās ISO standartu daudzums, kas bez izmaiņām tiek adaptēti kā EN.

Pasaules globalizācijas procesā pieaug ISO standartu pielietojums.

„Rūpnieciskie" standarti plašā pielietojuma dēļ aizvien biežāk tiek neoficiāli akceptēti kā likumdošanas akti.

Risināt jautājumu par ISO standartu pieejamību „Latvijas Standarta" bibliotēkā.

LVS TK 38 „Kokmateriāli" uzsākt sadarbību ar CEN TC 301, ISO TC 22 un ISO TC 110.

Bērza saplāksnim izvirzītās prasības Mercedes-Benz (DBL 5716) auto būves industrijā

Grīdas paneļi

- **Pielietojuma vide**

  Plāksnes paredzēts izmantot kā transporta līdzekļu grīdas dažādās klimatiskajās zonās ar gaisa temperatūru no –40°C līdz 100°C un relatīvo gaisa mitrumu līdz 95%.

- **Apraksts / prasības**
  - Koksnes suga: bērzs;
  - Finiera kārtu biezums: ~1,4 mm,
  - Biezums un pielaides: (skat. tabula 1.14.)

1.14.tabula

Izmēru pielaides saskaņā ar *EN 315*;

Nominālais biezums, mm	Faktiskais biezums, mm	Pielaides, mm
28	27,4	+/- 0,5

- Viena no saplākšņa plātnes virsmām jābūt pārklātai ar fenola filmu vai līdzīgu materiālu ar mazā sieta rakstu (4,5 rūtiņas uz 1 cm).

  Virsmas nodilumizturībai jābūt ne mazākai kā 900 apgriezieni saskaņā EN *438-2*. Otrai virsmai jābūt pārklātai ar gludu fenola filmu vai līdzīgu materiālu, filmai jāsatur kompānijas logo.

  Rolling testa vērtībai saskaņā ar EN 1818 10000 cikli.

  Virsmas adhēzija jānosaka saskaņā ar EN 311 un materiāla lūzumam/ adalīšanās jānotiek 100 % pa koksni.

  Virsmas kvalitātes prasībām saskaņā ar 1.15 tabulu.

1.15. tabula

Kvalitātes prasības

Vaina	Prasība
1. Atlīmējumi saplāksnī.	Nepieļauj.
2. Lamināta pielīmēšana.	Laminātam jābūt tīram, gludam un stingri pielīmētam saplākšņa virsmai.
3. Matēti plankumi lamināta virsmā	Pieļauj kreisajā pusē līdz 125 cm^2 uz virsmas vai piegriežot 35 cm^2/m^2
4. Piededzis lamināts	Nepieļauj.
5. Vairākās kārtās pielīmēts lamināts (lamināta pārsegumi) tumšu joslu veidā.	Nepieļauj.
6. Lamināta pārrāvums pirms presēšanas.	Nepieļauj.
7. Lamināta iztrūkums uz virsmas vai atlīmējumi pēc presēšanas.	Nepieļauj.
8. Lamināta atlieku pielīmēšanās uz virsmām.	Pieļauj nedaudz (2 līdz 3 gab.) kreisajā pusē, ar atsevišķiem izmēriem līdz 1 cm^2
9. Iespiedumi.	Pieļauj nedziļus, nedaudz, ja nav bojāts lamināts kreisajā pusē**.**
10. Ieskrāpējumi un nosmērējumi.	Pieļauj atsevišķus (1÷2)sīkus skrāpējumus kreisajā pusē, ja nav caurskrāpēts lamināts..
11. Izplūdušas joslas uz virsmas (krāsas toņa atšķirības).	Pieļauj nelielas uz kreisās puses.
12. Lobītā finiera iztrūkums.	Nepieļauj.
13. Laminētās virsmas noklāšana ar malu krāsu.	Pieļauj līdz 3 mm krāsas uzklāšanu uz laminētās virsmas. Krāsa uz malām jānoklāj vienmērīgā slānī.
14. Maznozīmīgas raupjas vietas.	Pieļauj nedaudz kreisajā pusē līdz 25 cm^2 uz virsmas ar atsevišķiem izmēriem līdz 5 cm^2.
15. Sieta novirzes	Nepieļauj.
16. Mehāniski bojājumi	Nepieļauj.
17. Iezāģējumi	Nepieļauj.
18. Kopējais pieļaujamais defektu skaits.	Vienai pusei jābūt bez defektiem, otrā - ne vairāk kā 2 defektu veidi.
19. Iepresēti putekļi, kas redzami mazu punktiņu veidā uz virsmas (RIGA MEL)	Nepieļauj.

- Saplākšņa līmējuma stiprībai jābūt saskaņā ar sekojošu standartu līmējuma kvalitātes iedalījuma klašu prasībām:
    - BS 1203/ klase H4;
    - DIN 68705 3 daļa/ tips BFU-100;
    - EN 314– 3 klase.
- Lieces elastības moduļa prasības saskaņā ar EN 310 dotas 1.15. tabulā

1.15. tabula

Saplākšņa lieces elastības moduļa prasības saskaņā ar EN 310

Lieces elastības modulis ||, N/mm²	
Mitruma saturs, 15%	**Mitruma saturs, 7-9%**
8120	8570

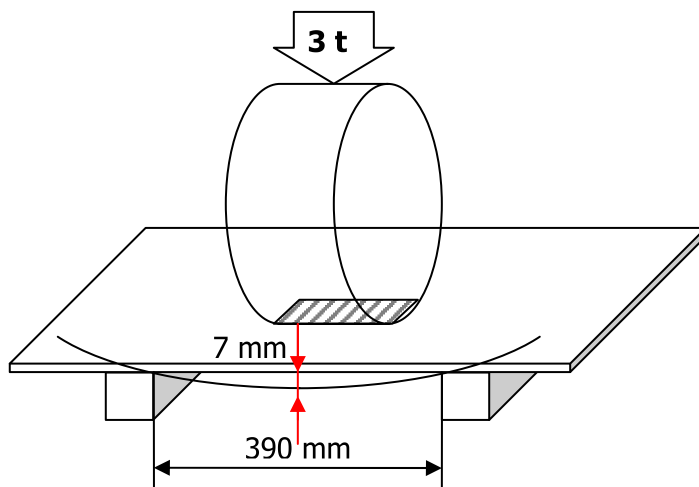
- Saplākšņa cirpe plātne plaknē saskaņā ar EN 789 jāatbilst saskaņā ar 1.16. tabulā uzradītajām vērtībām.

1.16. tabula

Saplākšņa cirpes plātne plaknē saskaņā ar EN 789

Cirpes stiprība plātnes plaknē, N/mm²	
Paralēli segfiniera šķiedru virzienam ||	**Perpendikulāri segfiniera šķiedru virzienam ⊥**
2,4	2,1

- Izliecei koncentrētas slodzes gadījumā (skat. 1.15. att.) nedrīkst pārsniegt 7 mm pie nosacījumiem:
    - slodzes spēks 3,6;
    - attālums starp atbalstiem 390 mm;
    - slogojuma laukums 180x80 mm.



1.15. att. Koncentrētas slodzes shēma

Maksimālā pieļaujamā slodze 4,15 t.

- Produktam jābūt stabilam temperatūru un mitruma satura izmaiņas gadījumā, tas nedrīkst savērpties vai ka citādi mainīt formu vairāk kā tradicionālais saplāksnis;
- Produktam jābūt mehāniski viegli apstrādājamam uz vispārēji pieejamiem darbagaldiem un instrumentiem;
- Formaldehīda emisijai jāatbilst klasei E1 saskaņā ar EN 13986, pārbaudes metode saskaņā EN 717 2. daļu.
- Produkts nedrīkst saturēt cilvēku veselībai kaitīgās vielas.
- Produkta atgriezumiem, izlietotam produktam jābūt viegli uztilizējamam.

Autopārvadāšanas piekabju piegādes specifikācija- Saplāksnis

- Pielietojums
  Ražošanai un atbilstības kontrolei
- Materiāls
  Saplāksnis atbilstoši DIN 68705 P2
- Produkta kodi
  (5716.00– 5716.50)
- Izmēri un to pielaides
  atbilstoši DIN 68705 P2 vai atbilstoši pasūtījumam
- Prasības
  - Vispārējās prasības

  Plātnēm nav pieļaujami jebkuri defekti, kas radušies ražošanas procesā, kas varētu ietekmēt tālākās pārstrādes vai utilizācijas procesus

  Plātnes nav jāietin

  Visiem plātņu savienojumiem ir jābūt ciešiem un precīziem

  Nav pieļaujami ieskrāpējumi, iespiedumi vai pārklājumi

  Līmējumam ir jābūt nevainojamam visā laukumā un tam jāatbilst DIN 53 255 un DIN 68705 P2 prasībām

  Lietojot transporta līdzekļa salonā, sekojošas prasības ir jāievēro:

  Pēc montāžas materiālam ir jāatbilst sekojošām prasībām. Pārbaudes veicot pēc pārbaudes instrukcijas „Formteile für den Fahrzeuginnenraum- Bestimmung der Abgabe von Formaldehyd, Ammoniak und Phenolen- Meβverfahren in der 1 m^3 Kammer(draft October 1994, issued by Arbeitskreis"Kfz.-Formteile- einfache Prüfmethoden")

  Formaldehīda emisija: Sākotnējā max vērtība 0,2 ppm; Līdzsvara max vērtība 0,05 ppm

  Fenola emisija: Max 0,04 ppm

  Amonija emisija: Minimāla

  Pārbaudes ir jāveic apdarītām detaļām sekojošos pārbaudes apstākļos: Temperatūra 65 °C; Relatīvais mitrums 11 %; Pārbaudes režīms 2 m^2/m^3; Gaisa apmaiņas ātrums 0,5 h^{-1}

  Formaldehīda emisija ražošanas procesā ir jāpārbauda ar vienkāršākām pārbaudes metodēm un rezultāti jādokumentē. Piem., ar pudeles metodi (VDA rekomendācija 275- DKF, Ulrichstr.14, D-74321 Bietigheim) vai ar gāzes analīzes metodi DIN EN 717-2. Pastāv nosacījums, ka pārbaude ir jāveic sākotnējam paraugam. Tāpēc, tam ir jābūt norādītam apstiprinātajā pārbaudes sertifikātā.

- Šķiras
  Atbilstoši DIN 68705 P2
- Līmējums
  Produktiem 10, 20, 30 IF vai AW atbilstoši DIN 68705 P2
  Produktiem 40 AW atbilstoši DIN 68705 P2
  Produktiem 50 IF atbilstoši DIN 68705 P2
- Finieru kārtas
  Atkarībā no paredzētā pielietojuma, dažāda biezuma finiera kārtas var būt pieprasītas, piem., visas finieru kārtas vienā biezumā vai ārējā kārta 2 mm bieza. Finiera kārtu skaitu un saklājuma shēmu nosaka rasējums vai šajā gadījumā- pasūtījums.
- Apdare
  Neslīpēts, slīpēts no vienas puses, slīpēts no abām pusēm.
  Gadījumā, ja slīpēts no vienas puses, slīpētai jābūt pusei ar augstāko kvalitāti.
- Malu piezāģēšana
  Taisnā leņķī. Produktam 40 malām jābūt pārklātām.

- Tehniskie dati (skat. 1.17. tabulu)
- Piegādātāja pienākumi- atbilstoši TANDEM Konkret Nos.13 un 16, Iepirkšanas nosacījumi automašīnu izejmateriāliem un rezerves daļām
- Paraugi- atbilstoši TANDEM Konkret Nos.13
- Piegādes- aktuālās piegādes atbilstoši apstiprinātiem paraugiem. Citos gadījumos atbilstoši TANDEM Konkret Nos.16
- Marķējums- atbilstoši TANDEM Konkret Nos.24
- Iepakojums- atbilstoši TANDEM Konkret Nos.30
- Uzglabāšana- atbilstoši TANDEM Konkret Nos.29 un 30
- Speciālie nosacījumi- ja pasūtījumam ir speciālas instrukcijas
- Pretenzijas- atbilstoši DBL 5306, 20.lpp, p.109
- Vides aizsardzības prasības, ražošanas drošsība- atbilstoši TANDEM Konkret Nos.30 un 36 un DBL 8585 Nepieļaujamo ķīmisko vielu saraksts

1.17. tabula

Prasības piekabēm

6	Tehniskās prasības	Prasības produktu variantiem		Citas prasības
		10; 20; 30; 50	40	
6.1	Mitrums, svara %	6,0 ... 12,0	6,0 ... 12,0	ISO 3130:1975
6.2	Stiprība , N/mm^2			DIN 52371
	garenvirzienā	-	≥ 70	
	šķērsvirzienā	-	≥ 50	
6.2.1	Sagrāves izliece, mm			DIN 52371
	garenvirzienā	-	≤ 8,0	
	šķērsvirzienā	-	≤12,0	
6.2.2	Izliece pie slodzes, mm			DIN 52371
	garenvirzienā			
	10 N/mm^2	-	≤ 0,8	
	30 N/mm^2	-	≤2,4	
	šķērsvirzienā			
	10 N/mm^2	-	≤ 0,9	
	30 N/mm^2	-	≤2,3	
6.2.3	Aizdegšanās pārbaude **	Atbilstoši DBL 5307, produkta variantam 10		DBL 5307.5.1

1.17. tabulas nobeigums

6	Tehniskās prasības	Prasības produktu variantiem		Citas prasības
		10; 20; 30; 50	40	
6.2.4	Smaržas pārbaude * Piezīme	3	3	VDA 270 B3
6.2.5	Emisiju analīze * VOC „Miglainuma" vērtība	Mērķis: max 100 ppm Nav noteikta kopējā vērtība Pieļaujamās VOC un miglainuma vērtības ir noteiktas atsevišķām ķīmiskām sastāvdaļām atbilstoši Deutsche Forschungsgemeinschaft sarakstam a) III daļa (kancerogēnās) Kateg. 1 < 1ppm Kateg. 2;3 minimāli, vēlams < 1 ppm b) II daļa (reproduktīvās) Kateg. A < 1ppm Kateg. B minimāli, vēlams < 1 ppm		DC tests , instrukcija PB VWL 709

*gadījumos, ja lieto pasažieru pārvadāšanas nodalījumos

1.4 Paaugstinātas īpatnējās stiprības plātņu un ražošanas tehnoloģiju apskats

Materiāla virsmas īpašības bieži ir ļoti svarīgs kvalitātes un piemērotības tālākās izmantošanas un ekspluatācijas apstākļiem rādītājs. Virsma var tikt raksturota pēc sekojošām īpašībām:

Virsmas raupjums. Saplākšņa virsma var būt slīpēta no abām vai vienas puses, tā var būt arī neslīpēta. Ja saplāksni paredzēts izmantot tālākai apdarei, tā virsma var tikt noslīpēta ar ieteicamās graudainības slīppapīru. Pēc tam to var beicēt, gruntēt, lakot vai krāsot (Koks būvniecībā, 2007).

Virsmas slidenums. Noteiktos ekspluatācijas apstākļos, piemēram, ja materiāls tiek izmantots grīdu segumos, virsmas slidenums reizēm var būt nevēlams. Atsevišķu marku laminētā saplākšņa, virsmas var būt ļoti slidenas. Tas var būt par iemeslu plātņu noslīdēšanai no krautnes. Šī iemesla dēļ jāievēro piesardzība pārvietojot nepārsietu laminētā saplākšņa krautni ar autoiekrāvēju (Koks būvniecībā, 2007).

Virsmas cietība. Bieži vien svarīgs virsmas kvalitātes rādītājs ir tās cietība, nodilumizturība. Cietība ir spēja pretoties cieta ķermeņa iespiešanai. Materiāla virsmas cietību būtiski ietekmē tā ražošanā izmantotās koksnes suga, blīvums, mitrums- mitra koksne ir ievērojami mīkstāka.

Ekspluatācijas laikā ir nepieciešams, lai materiālu virsmas cietība- pretošanās spēja deformācijām saskarē ar cietiem priekšmetiem- būtu pietiekama. Koksnes pretestības spēja dilšanai ir koksnes pretestības spēja sistemātisku ārēju spēku iedarbībai (nodilumizturība). Tā ir atkarīga no jau zināmajiem faktoriem, kas ietekmē arī citas koksnes īpašības- blīvuma, cietības, mitruma, šķiedru virziena u.c. (Ozoliņš, 2005).

Saplāksnim, kas tiek lietots autotransporta u.c. grīdās, jābūt sevišķi nodilumizturīgam, kā arī pietiekami triecienizturīgam- spējīgam pretoties dinamiskai slodzei, sitienam, kad spēka pielikšana ir apvienota ar lielāku vai mazāku ātrumu.

Dažādu marku saplākšņu virsmas īpašību apkopojums sniegts 2. pielikumā.

Viens no galvenajiem vieglas masas koksnes plātņu pielietojuma veidiem ir mēbeļu ražošana vai kā izolācijas materiāls gan būvniecībā, gan transporta industrijā. Literatūrā nav sastopama definīcija kāds koksnes plātnes būtu jāuzskata par vieglas masas plātnēm. Neskatoties uz to dažādi autori pieņēmuši, ka vieglas masas koksnes plātne ir tādas plātnes, kuru blīvums ir mazāks par 400- 500 kg·m^{-3} (Thoemen, 2008). Ražojot vieglas masas koksnes plātnes ražotājs sastopas ar sekojošām problēmām:

- zemām mehāniskām īpašībām;
- augstu ražošanas cenu.

Ņemot vērā augstāk minēto vieglas masas koksnes plātņu efektīva ražošana paņēmiena izstrāde vēl joprojām ieņem nozīmīgu lomu koksnes plātņu industrijā.

Mazas masas koksnes plātnes var iedalīt sekojošos tipos

- koksnes plātnes izgatavotas no zema blīvuma koksnes;
- dobumu jeb ekstrūzijas koksnes plātnes;
- „sendvič" veida paneļu plātnes ar homogēnu vidus kārtu;
- „sendvič" veida paneļu plātnes ar nehomogēnu vidus kārtu.

Koksnes plātnes izgatavotas no zema blīvuma koksnes

Sendvič plātņu vidus kārtu var veidot arī no koksnes materiāliem, pārsvarā masīvkoku lamelēm. Tādejādi var iegūt tradicionāli zināmo galdnieku plātni vai arī vienu no jaunākie izstrādājumiem, kuram vidusdaļā atrodas maza blīvuma koku sugu lameles novietotas tā, lai to šķiedru virziens būtu perpendikulārs plātnes plaknei. Piemēram, firmas Moralt Tischlerplatten GmbH & CO KG produkts Balsaboard Lightwood, kas sastāv no perpendikulāri orientētas (*end grain*) balsas koksnes vidusdaļas aplīmētas ar saplākšņiem vai MDF (mehāniskās īpašības skat. 1.18 tabulu).

1.18 tabula

Masīvkoku plātnes no Balsas koksnes mehāniskās īpašības (Forest Products Laboratory, 1999)

Produkta nosaukums	biezums, mm	blīvums kg·m^{-3}	Stiprība liecē, N·mm^{-2}		Elastības modulis liecē, N·mm^{-2}	
			paralēli	perpendikulāri	paralēli	perpendikulāri
Balsaboard Lightwood[a]	19	240	22	16	2600	1850
Balsaboard Lightwood[a]	38	200	14	12	2000	1450
Balsaboard Lightwood[b]	19	340	17	15	3200	2900

[a] – aplīmēta ar papeles saplāksni; [b] – aplīmēta ar MDF

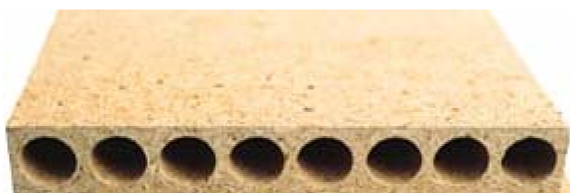
Balsa koksnes (*Ochroma pyramidale*) ar mitrumu saturu 12% blīvums 160 kg·m^{-3} (Forest Products Laboratory, 1999) (skat. 1.16. attēlu).



1.16. att. Balsas koks aplīmēts ar saplāksni WESTAPHON 5, http://www.westag-getalit.de/wg-sperrholz-schalung/en/index.php?a=234, skat. internetā 02.09.2008.

Dobumu jeb ekstrūzijas koksnes plātnes

Kokskaidu plātņu ar dobumiem galvenais izmantošanas veids ir to izmantošana kā pildelementus vai izolācijas materiālu, piem. durvju ražošanā. Atkarībā no dobumu lieluma plātņu blīvums ir no 200- 550 kg·m^{-3}. Viens no galvenajiem trūkumiem ir zemās mehāniskās īpašības.



1.17. att. Ekstrūzijas kokskaidu plātne, attēls no http://www.sauerland-spanplatte.de, skat. internetā 14.07.2008.

Plātņu mehāniskās īpašības ir atkarīgas no šo plātņu biezuma, dobumu izmēriem un formas Sauerländer Spanplatten GmbH & Co KG (skat. 1.19. tabulu).

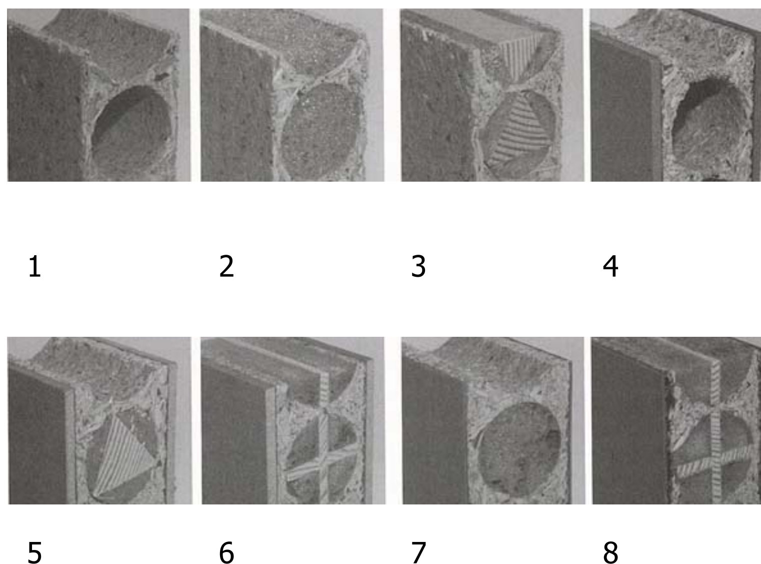
1.19 tabula

Ekstrūzijas kokskaidu plātnes mehāniskās īpašības

Produkta nosaukums	**biezums, mm**	**blīvums kg·m^{-3}**	**Lieces stiprība ražošanas virzienam, N·mm^{-2}**		**Elastības modulis ražošanas virzienam, N·mm^{-2}**	
			vertikāli	**paralēli**	**vertikāli**	**paralēli**
Ekstrūzijas kokskaidu plātne RD[a]	32	300	4	1,2	900	120

[a]dati saskaņā ar produktu Sauerländer Spanplatten GmbH & Co. KG datu lapām, pieejams http://www.sauerland-spanplatte.de/cdrom/english/callpdf.html?pdf/p-dat3+p-dat+nav_links_produkt 03.09.2008.

Ņemot vērā zemās mehāniskās īpašības ir veikti pētījumi (Dix u.c., 2007) par iespēju uzlabot mehāniskās īpašības ar mērķi iegūt plātnes, kas atbilstu kokskaidu plātņu klases P2 klasifikācijai (plātnes izmantojamas iekštelpu interjeru (arī mēbeļu) ražošanai) saskaņā ar LVS EN 312. Pētījuma laikā izgatavots dažādu veidu dobtās plātnes (skat. 1.18. att.).



1.18. att. Dažādu veidu dobtās plātnes, (Dix u.c., 2007)

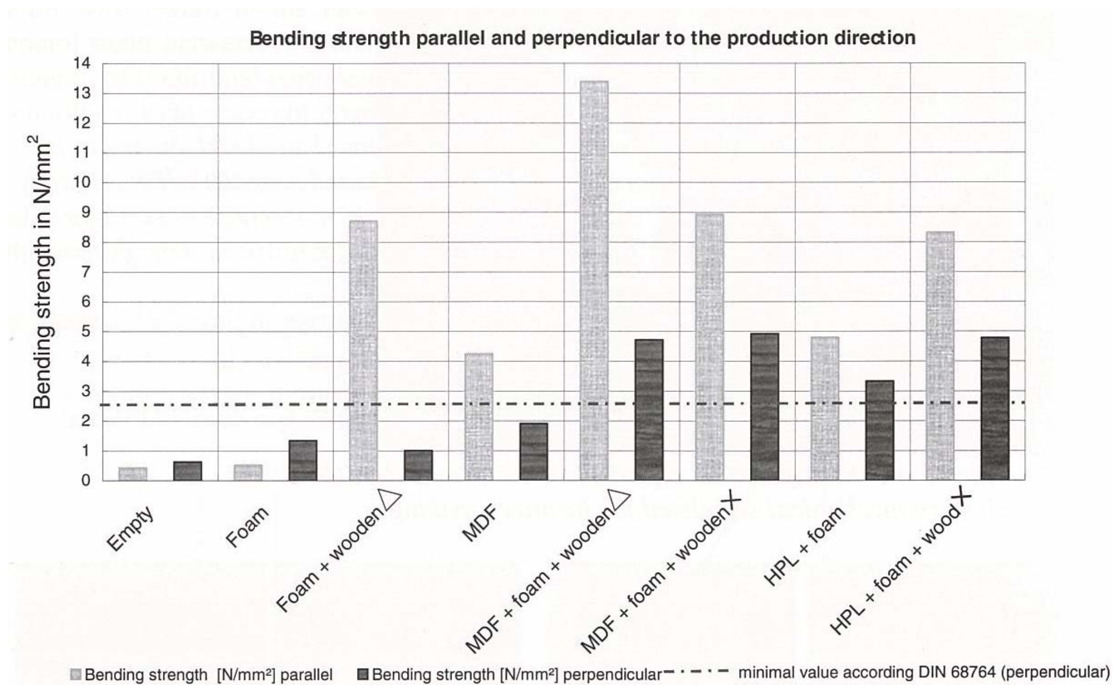
Plātņu raksturojums apskatāms 1.20 tabulā.

1.20 tabula

Dobtu plātņu blīvums

Apzīmējums	Dobuma pildījums	Pārklājums	Blīvums $kg \cdot m^{-3}$
1	nav	nav	220
2	putu materiāls	nav	227
3	putu materiāls un masīvkoksne	nav	339
4	nav	3 mm MDF	337
5	putu materiāls un masīvkoksne	3 mm MDF	436
6	putu materiāls un masīvkoksne	3 mm MDF	393
7	putu materiāls	1 mm HPL	317
8	putu materiāls un masīvkoksne	1 mm HPL	350

Šo plātņu lieces stiprība saskaņā ar DIN 68769 1. daļu dota attēlā 1.19.



1.19. att. Dažādu veidu dobto plātņu lieces stiprība, (Dix u.c., 2007)

Šādu plātņu ražošanu sekmē sekojoši iemesli:

- koksnes augstās izmaksas un konkurence gan augstvērtīgās koksnes, gan arī mazvērtīgās koksnes tirgos;
- šādu plātņu transporta izmaksas ir zemākas nekā „tradicionālajiem" koksnes materiāliem;
- gatavās produkcijas zemā masa.

Pēdējo gadu pieaugošā konkurence izejmateriālu tirgu, izejmateriāla augstās cenas rosina pētniekiem vairāk pievērts uzmanību lauksaimniecībā izmantojamo augu izmantošanai koksnes plātņu ražošanā.

„Sendvič" veida paneļu plātnes ar homogēnu vidus kārtu

Sendvič plātnes ar sintētisko materiālu vidusslānī galvenokārt pielieto kā izolācijas materiālu. Tās var būt gan skaņas (vidusslānī- korķa, gumijas u.c. materiāli), gan siltuma (vidusslānī- PU putas, utml. materiāli) vai pat elektrostatiskā strāvas lauka izolējošs materiāls (aplīmēts ar gumijas materiāliem) (skat. 1.20. att.).



1.20. att. Sendvich koksnes plātne *WESTAPHON 3* sastāv no saplākšņa un PVC putām, http://www.westag-getalit.de/wg-sperrholz-schalung/en/index.php?a=233 skat. internetā 02.09.2008.

1.4.1 Virsmas pārklājumi saplākšņa virsmas cietības un nodilumizturības palielināšanai

Koksne ir salīdzinoši mīksts materiāls, tādēļ tās nodilumizturību panāk galvenokārt ar piesūcināšanas, lakošanas, krāsošanas un citu dažādu pārklājumu palīdzību. Nodilumizturības un virsmas cietības palielināšanai saplākšņus parasti pārklāj ar laminātu - fenola filmu jeb fenolsveķiem piesūcinātu papīru, iegūstot laminēto saplāksni (angl.- overlaid plywood). Ir trīs veidu pārklājumi: augsta blīvuma (angl. saīsinājums- HDO), vidēja blīvuma (angl. saīsinājums- MDO) un speciālie (Bodig, Jayne, 1993). Pārklājums var būt uzklāts vai nu uz vienas, vai abām plātnes virsmām; tam var būt speciāli iespiesta sietveida, rombveida vai cita veida virsmas faktūra (Koks būvniecībā, 2007).

Virsmas pārklājuma (lamināta) nodilumizturību ietekmē:

- to veidojošo sveķu veids un sastāvs (skat. zemāk);
- impregnēto sveķu daudzums un pārklājuma kārtas biezums- jo tā biezāka un satur vairāk sveķu, jo nodilumizturība lielāka; iespējama vairāku filmas pārklājuma kārtu uzklāšana, tādējādi palielinot virsmas stiprību un nodilumizturību;
- pamatpapīra kvalitāte un svars- ir dažādi papīra veidi, kas atšķiras sastāva, stiprības (var ietekmēt arī šķiedru virziens), mitrumizturības u.c. īpašību ziņā atkarībā no ražošanas metodes; ja nepieciešams relatīvi stiprs papīrs, tad bieži vien lieto sulfāt jeb kraftcelulozes papīra masu (angl. - kraft pulp); var pievienot arī maltas koksnes masu (angl.- ground wood pulp). Papīram jābūt ar labu spēju absorbēt impregnējamos polimēru sveķus;
- papīra lamināta un virsējās finiera kārtas šķiedru virzienu savstarpējā orientācija- Patentā US 2565251 (1948) aprakstīts, ka viegli plaisājošas koksnes, piemēram, duglāzijas, virsmas plaisāšanu var samazināt, ja ar neizreaģējušiem sveķiem impregnēts papīrs tiek uzklāts ar tiešās presēšanas paņēmienu ar šķiedru virzienu perpendikulāri finiera kārtas šķiedru virzienam (papīra šķiedru virziens sakrīt ar to virzienu, kādā darbojas spēki, kas izraisa virsmas plaisāšanu) (Malmstrom Homer, 1951);
- pārklājuma virsmas faktūra (reljefs)- piemēram, ja pārklājums ir veidots ar sietveida reljefu, tad nodilumizturības rezultāti virsmām ar mazā sieta reljefu ir augstāki nekā virsmām ar lielā sieta reljefu;
- pārklājamās finiera kārtas kvalitāte- zemas kvalitātes finiera un lamināta filmas adhēzija finiera defektu un virsmas nelīdzenumu dēļ pēc lamināta pielīmēšanas nav vienmērīga, daudzviet veidojas vājas līmējuma saites, kas ietekmē pārklājuma stiprību;

- līmes kārtas vienmērīgums zem lamināta filmas- tas ietekmē dilšanas procesu- vietās, kur līmes kārtiņa ir plānāka, dilšana notiek ātrāk. Tas ne vienmēr nozīmē, ka vēlams, lai līmes kārta būtu biezāka, tomēr, ja līmes slānis ir biezāks, dilšana līdz finiera virskārtai būs ilgāka;
- speciāli piejaukumi jeb abrazīvas piedevas (Koks būvniecībā, 2007; Král, Hrázský, 2008; Wood handbook, 1999).

1.4.1.1 Pārklājumu polimēri un to pielīmēšanas veidi

Virsmas pārklāšana ar polimēra kārtu vai ar polimēru bagātīgi piesūcinātu papīru ir tikusi pielietota jau sen plaisāšanas novēršanai, cietības un nodilumizturības palielināšanai, ražojot, piemēram, galdus, letes (Malmstrom Homer, 1951). Papīra laminātu ar augstu stiprību „Papreg" sāka lietot Otrā Pasaules kara laikā aviorūpniecībā, bet tas ir ticis izmantots arī kravas automašīnu grīdu segumiem. Tā veidošanai ir nepieciešams mazs spiediens un plāns papīrs, tomēr tam ir trūkumi- trauslāks nekā alumīnijs un nepieciešama speciāla armatūra.

Fenola sveķi laminātu papīra impregnēšanai ir ļoti piemēroti, jo ir ūdensizturīgi, tiem ir laba izmēru noturība mitruma ietekmē, augsta stiprība, izņemot triecienizturību, zema cena salīdzinājumā ar citiem sveķiem, kam ir līdzīgas īpašības. Ūdenī šķīstošie sveķi palielina produkta mitrumizturību un stiprību pret saspiešanu, tomēr arī dara produktu trauslāku (ar mazāku triecienizturību). Praksē vairāk tiek lietoti spirtā šķīstošie fenola sveķi, kas produktu padara krietni izturīgāku, cietāku, tomēr sveķi šķiedrās iesūcas sliktāk nekā tad, ja tiek šķīdināti ūdenī, tāpēc produktiem dod mazāku mitrumizturību un izmēru stabilitāti (Wood handbook, 1999).

Lētāks un vieglāk pieejams, salīdzinot ar fenola sveķiem, ir lignīns, ko iegūst kā papīra ražošanas blakusproduktu. Lignīnus var ļoti veiksmīgi izmantot kā polimēru saistvielu līmēs, slāņainos plastiķos un citur, kā aizvietotāju fenola- karbamīda, fenola-formaldehīda, furāna un epoksīdsveķos un citur. Ar lignīnu impregnētas papīra loksnes var tikt izmantotas laminēšanai bez citu sveķu pievienošanas, bet, ja nepieciešams, ūdensizturība var tikt ievērojami paaugstināta, papildus virsmu pārklājot ar fenola sveķiem. Ar lignīnu pildītie lamināti parasti ir tumši brūni vai melni. Tiem ir labāka stingrība (angl.- toughness), nekā fenola laminātiem, bet citas stiprības īpašības tiem ir līdzīgas vai zemākas (Kajaks, 2004; Wood handbook, 1999).

Termocietējošos pārklājumus (filmas) saplāksnim parasti uzklāj pie augstas temperatūras un spiediena ar presēšanas palīdzību. Citās metodēs iepriekš izgatavots plastmasas pārklājums var tikt pielīmēts; izkausēts polimērs var tikt uzsmidzināts, kā arī pārklājums var tikt pielaminēts, izmatojot sakarsētus ruļļus. Ir tikusi patentēta un izmantota arī pārklāšana ar ekstrūzijas paņēmienu (Kuusipalo, 2001; Malmstrom Homer, 1951). Ja tiek pielīmēts jau iepriekš izgatavots pārklājums (netiešā metode), tad šī tehnoloģija parasti ir dārgāka. Līmējot ar tiešo metodi, polimēra klājums tiek veidots tieši uz koksnes virsmas: viena vai vairākas papīra kārtas, kas piesūcinātas ar vēl neizreaģējušiem vai daļēji izreaģējušiem sveķiem tiek uzpresētas atsevišķai finiera kārtai vai jau gatavam saplāksnim vai vienlaicīgi ar saplākšņa paša līmēšanu un presēšanu. Pēdējais tiek saukts par „viena soļa" procesu (angl.- „one step process") un ir izdevīgāks no ekonomiskā viedokļa (Malmstrom Homer, 1995).

Virsmas pārklājums presē var tikt pielīmēts arī ar citiem paņēmieniem, kuros ir dažādas nianses. 1978. gadā tika patentēta tehnoloģija US Patents 4084996 (1978), kad saplākšņa, ko paredzēts izmantot, piemēram, sienu apdarei, virspuse tiek pārklāta ar porainu celulozes šķiedru materiālu nolūkā uzlabot tā izturību pret mitriem apstākļiem, kā arī lai saplākšņa ražošanā virspusei būtu iespējams izmantot zemākas kvalitātes finierus, defektus nosedzot ar minēto virsmas pārklājumu.

Patentā tiek piedāvāti trīs pārklājuma veidošanas paņēmieni, visos izmantojot fenola sveķus kā saistvielu:

- pirmais- šķiedru klājums tiek uzpresēts iepriekš izgatavota saplākšņa virsmai, kurai ir iezāģētas rievas; pārklājums tiek iepresēts arī rievās, jo tiek lietota prese ar atbilstošu spiedvirsmu, kā rezultātā iegūst saplāksni ar rievotu virspusi;
- otrais- šķiedru klājums tiek uzpresēts saplākšņa virsmai vienlaicīgi ar paša saplākšņa līmēšanas un presēšanas procesu, bet presēšanai tiek izmantota reljefa preses virsma ar paralēliem gareniem stieņveida izciļņiem un presēšanas procesā šķiedru materiālā un virsējās saplākšņa kārtās veidojas paliekoši iespiedumi;
- trešais- starp šķiedru klājumu un saplāksni vēl var tikt iepresēts slānis ar koksnes pārstrādes atlikumiem (zāģu skaidām u.tml.); arī šoreiz preses spiedvirsma ir ar speciāliem izciļņiem un presēšanas rezultātā šķiedru klājuma un skaidu slānī, saistīšanai izmantojot fenola sveķus, tiek iespiests reljefs ar rievām. Virspusē, ja nepieciešams, iespējams vienlaicīgi uzpresēt dekoratīvo pārklājumu (Wheeler Robert, 1978).

Papīra laminātu vietā, kaut arī papīrs ir lētāks un apstrādājams ar mazāku spiedienu, var izmantot stikla un citu šķiedru audumus; dažu šķiedru laminātiem ir labākas elektriskās īpašības un triecienizturība. Stikla šķiedru lamināti var tikt veidoti arī ar lielākiem dubultizliekumiem, nekā papīra lamināti (Wood handbook, 1999).

Literatūrā arī minēti tādi saplākšņu veidi, kuriem ir paaugstināta nodilumizturība, kā finierētie saplākšņi, kam viens vai abi segfinieri ir cieto vērtīgo koku finieri un bruņotie saplākšņi, kam viena vai abas ārējās kārtas ir metāla (alumīnija, dzelzs utt.). Pirmos vairāk lieto mēbeļu ražošanai, sienu apšuvumiem, bet pēdējie, būdami samērā viegli, ar mazu tilpumsvaru, ir ar lielu mehānisko stiprību un cietu virsu (Vaņins, 1950).

Fenola formaldehīda pārklājums pieder pie termocietējošiem pārklājumiem, ko nodiluma un klimata apstākļu izturības paaugstināšanai izmanto jau ilgāku laiku, tomēr tiek meklēti arī citi risinājumi, kas būtu ekonomiskāki un videi draudzīgāki. Termoplastiskajam polietilēnam un polipropilēnam, salīdzinot ar fenola-formaldehīda pārklājumiem ir lielāka nodiluma, mitruma izturība, tie ir brūnā krāsā ar mazākām plaša spektra iekrāsošanas iespējām. Tiek veikti pētījumi par termokūstošo plastmasu (piemēram, polietilēna) izmantošanu koka plātņu virsmas pārklājumos, par šo pārklājumu līmēšanas un laminēšanas iespējām, bet ierobežojoši faktori ir ražošanas tehnoloģija un izmaksas. Viens no pētāmajiem jautājumiem ir koksnes un plastmasas pārklājuma pietiekamas adhēzijas panākšana, tās uzlabošanai izmantojot dažādas vielas (Kuusipalo, 2001).

Polijā veikts eksperimentāls pētījums (Borysiuk, Nowak, 2006) par saplākšņa pārklāšanu ar polietilēna un polipropilēna „filmu” veida pārklājumiem, ko iespējams realizēt tradicionālajās presēs pie paaugstinātas temperatūras un spiediena (190ºC, 1,6 MPa, 5 min.). Netika veikta gruntēšana adhēzijas pastiprināšanai. Tika pārbaudīta pārklājuma adhēzijas stiprība pie saplākšņa, nodilumizturība, mitrumizturība, izturība pret ultravioletajiem stariem un agresīvām vielām. Salīdzināšanai tika izmantots saplāksnis bez virsmas pārklājuma. Adhezīvā saistība visiem pārklājumiem pie substrāta bija laba. Pārklājumu nodilumizturība un mitrumizturība bija atkarīgas gan no tā biezuma, gan no materiāla. Jo biezāka pārklājuma kārta, jo tās bija augstākas. Polietilēna pārklājumi bija izturīgāki pret abrāziju un mitrumu nekā polipropilēna pārklājumi. Pārklājumi arī uzrādīja augstas aizsardzības spējas pret agresīvu vielu iedarbību. Pret ultravioleto staru iedarbību polipropilēna pārklājumi bija izturīgāki nekā polietilēna pārklājumi (Borysiuk and Nowak, 2006).

Polijā veikts iepriekšējā pētījuma turpinājums (Borysiuk, Omen, 2006) par saplākšņa pārklājumiem ar polietilēna un polipropilēna filmām. Pārklājuma slāņi bija ar dažādiem biezumiem. Pārklājums tika uzklāts ar presēšanu pie paaugstinātas temperatūras un spiediena (190ºC, 1,6 MPa, 5 min.). Iegūtie paraugi tika pakļauti paātrinātai novecošanai, tika pētītas pārklājuma adhēzijas stiprības izmaiņas, uzbriešana mitruma ietekmē. Salīdzināšanai tika izmantots saplāksnis bez virsmas pārklājuma. Netika veikta substrāta virsmas apstrāde adhēzijas pastiprināšanai. Pēc pakļaušanas paātrinātās novecošanas procesam paraugiem ar pārklājumu nebija ievērojamu vizuālo defektu, izņemot nelielu dūmakainumu. Visiem pārklājumiem joprojām bija arī laba adhēzija ar substrātu. Pārklājumi arī kavē mitruma uzsūkšanos un paraugu uzbriešanu salīdzinot ar saplāksni, kuram nebija virsmas pārklājuma. Labākas spējas šajā ziņā bija polietilēna pārklājumiem. Tomēr pēc paātrinātās novecošanas procesa pārklājumu hidrofobās īpašības kļuva krietni vājākas. Tātad pārklājumu izturība bija vājinājusies, kaut arī tas nebija vizuāli redzams (Borysiuk, Omen, 2006).

Čehijā veikts pētījums (Král, Hrázský, 2008) par laminētā saplākšņa virsmas dažāda veida pārklājumu pretestību abrāzijai. Salīdzināti dažādu ražotāju un pašu izgatavots saplāksnis ar noteiktu fenola- formaldehīda filmas pārklājumu, kā arī fenola-formaldehīda filmas pārklājumu, kurā iestrādāta austa un neausta stikla šķiedra. Testu rezultāti apstiprināja, ka stiklašķiedras pievienošana ievērojami paaugstina pārklājošā materiāla nodilumizturību, jo stiklašķiedras nodilumizturība ir augstāka nekā fenola-formaldehīda filmai (Král, Hrázský, 2008).

Somijā veikts pētījums (Kuusipalo, 2001) par saplākšņa pārklāšanu ar dažādiem polietilēna un polipropilēna klājumiem, izmantojot ekstrūzijas metodi. Polietilēna klājums ir salīdzinoši lēts un metode salīdzinoši ātra, tomēr bija sarežģījumi, kas saistīti ar to, ka izkusušās plastmasas augstā enerģija (temperatūra) izraisīja mitruma izdalīšanos no virsējās finiera kārtas, kas plastmasas kārtiņu darīja burbuļainu, kā arī izmantotais saplāksnis bija pārāk stīvs. Pētījumā mēģināja šīs nevēlamās vainas novērst, variējot temperatūru režīmu, klāšanas tehnoloģiju, klājot atsevišķas finiera loksnes. Tika arī meklēti risinājumi, kā uzlabot plastmasas un saplākšņa adhēziju ar gruntējošo vielu palīdzību (Kuusipalo, 2001).

1.4.1.2 Abrazīvās piedevas pārklājumu nodilumizturības palielināšanai

Kompozītmateriālus veidojošie organiskie komponenti parasti materiālam dod elastīgumu, bet neorganiskās piedevas atbild par cietību un pretestību mehāniskajai iedarbībai. Neorganiskās vielas arī tiek dažādi apstrādātas, lai uzlabotu to saistību ar polimēriem, lai, palielinot materiāla sausnas saturu, viskozitāte būtu vēlamajās robežās un lai nenotiktu pārklājuma materiāla fāzu separācija; tās var tikt pievienotas arī nanodaļiņu formā (Bauer u.c., 2002).

Virsmas pārklājuma kārtas nodilumizturību var palielināt, to veidojošajos sveķos iestrādājot dažādus smalkus abrazīvos materiālus, kas izturīgi pret dilšanu. Kā šādi materiāli dažādās nozarēs tiek lietoti: alumīnija oksīds (Al_2O_3, angl.– alumina, – eksistē vairākas kristāliskās formas, bet visizturīgākā un stiprākā ir alfa forma- (alpha phase alumina), silīcija karbīds (SiC), sodrēji (carbon black), volframs (Askeland, 1996). Noder arī kvarca smiltis (silica sand) un pat sasmalcinātas valriekstu čaulas (Thompson Thomas, 985). Arī smalkas metāla daļiņas, kuras paliek pāri no metāla apstrādes var tikt iestrādātas pārklājuma sveķos, tomēr reizēm tas var būt apgrūtinoši, jo metāla daļiņām ir tendence nogulsnēties pārklājuma slāņa apakšā. Patentā US 4528231 (1985) izstrādāta metode metālisko daļiņu iestrādāšanai pārklājumā, izmantojot dažāda smalkuma daļiņas noteiktās proporcijās ar mērķi, lai smalkākās daļiņas palīdzētu suspendēt rupjākās (Lund,

1985). Arī īpaši mikrosfēru veidi tiek lietoti pārklājumu materiālos, lai samazinātu to nodilumizturību un lai vienmērīgāk tiktu izkliedētas šajos pārklājumos iestrādātās daļiņas; turklāt, pateicoties tam, ka daudzi mikrosfēru veidi ir dobi un ar mazu svaru, ievērojami var tikt samazināts kompozītmateriāla svars[6] un tā Askelands (Askeland, 1996). Lielākas stingrības, triecienizturības un ūdens necaurlaidības panākšanai koksnes (piemēram, laivu karkasu) virsmas pārklāšanai var izmantot arī termocietējošo sveķu un diatomīta, uzpūstā perlīta un smalcinātu stiklšķiedru maisījumu (Below, 1983).

1.4.2 Koksnes apstrāde ar īpašām vielām un spiedienu cietības un nodilumizturības palielināšanai

Cietības un nodilumizturības palielināšanai arī pati koksne var tikt īpaši apstrādāta, piemēram, piesātināta ar polimēriem. Ja koksne vakuumā tiek impregnēta ar, piemēram, šķidru vinila monomēru, tas iesūcas šūnu lūmenos un, neuzbriedinot koksni, polimerizējas vai nu ar gamma- radiācijas, vai ķīmisko katalizatoru un siltuma palīdzību. Visplašāk lietotie monomēri ir stirēns, metil metakrilāts, vinilacetāts, akrilonitrils. Šādi apstrādātu koksni izmanto arī grīdu segumos. Ar šo vielu palīdzību tiek samazināta koksnes mitruma uzņēmība un palielināta izturība pret dilšanu, stiprība, cietība. Šāda veida koksnes- polimēru kompozītu īpašības ir saistītas gan ar impregnēšanai izmantotā polimēra veidu, gan koksnes spēju uzsūkt šo vielu, un tas ir atkarīgs ne tikai no koka sugas, bet arī koksnes veida- daudzām sugām kodolkoksne daudz sliktāk uzsūc polimērus nekā pārējās stumbra daļas koksne (Wood handbook, 1999).

Ja saplākšņa ārējam slānim izmanto mīkstas koksnes finiera kārtu vai kārtas, tad adhezīvo saišu veidošanās brīdī var pielietot presēšanas paņēmienu, lai materiālam no ārpuses izveidotu nepieciešamo virsmas reljefu un formu. Kā aprakstīts patentā US 4533589 (1985), šādā veidā mīkstas koksnes virsma ar saspiešanas palīdzību kļūst pat izturīgāka pret ieskrambāšanu nekā nepresēta cietas koksnes lamināta virsma (Sewell, 1985).

Nodilumizturības palielināšanai veiktā koksnes un saplākšņu blīvuma palielināšana tiek saukta arī par cildošanu, kad atsevišķas finiera kārtas tiek ķīmiski piesūcinātas, parasti ar fenola- formaldehīda sveķiem vai citu vielu šķīdumiem, un apstrādātas paaugstinātā temperatūrā un spiedienā. Pazīstami materiāli ar nosaukumiem "Lignostons", „Lignofols", kas sākti ražot pagājušā gadsimtā vēl pirms Otrā Pasaules kara Vācijā (Blomberg, 2006) (Vaņins, 1950). Materiāliem „Compreg", „Impreg", „Staypak" ir labāki stiprības, stinguma un izmēru noturības rādītāji, nekā neapstrādātai koksnei (Wood handboo, 1999).

Pēc ilgāka laika atsākti arī pētījumi par koksnes furfurilāciju kā cietības paaugstināšanas procesu, kurā koksne tiek impregnēta ar polisaharīdiem. Norvēģijas uzņēmums Kebony Products DA (Lietuvā- Boen) ražo furfurilēto koksni telpu un āra grīdu klājumiem, apšuvumiem, laivām, logu elementiem, dārza mēbelēm un celtniecības materiāliem. Citā procesā „Indurite" (uzņēmums Osmose), kurš galvenokārt tiek izmantots mīkstas koksnes cietības palielināšanai, dimensionālās stabilitātes paaugstināšanai un ūdens atgrūšanas uzlabošanai; iegūtos materiālus izmanto grīdu segumos, apšuvumiem. Tirdzniecībā pazīstams produkts „Maro flooring". Šajā procesā koksne tiek impregnēta ar ūdenī šķīstošajiem polisaharīdiem (sojas un kukurūzas ciete) un pēc tam apstrādāta, lai polisaharīdus padarītu nešķīstošus (Callum, 2006).

6 Microspheres: Fillers Filled With Possibilities. http://www.compositesworld.com/ct/issues/2008/April/112795, skat. internetā 02.06. 2008.

1.4.3 Testu metodes kompozītmateriālu virsmas nodilumizturības īpašību pārbaudei

Materiālu virsmas nodilumizturības un stiprības pārbaudēm tiek izmantoti:

- Abrāzijas rezistences- Taber tests- metode DIN 53799 (1986) vai LVS ENV 13696 (2002). Plātnes tiek pakļauti īpaša veida abrazīvo elementu iedarbībai un tiek noteikts apgriezienu (atkārtotas iedarbības) skaits līdz virsmas slāņa caurdilšanai.
- Rolling slodzes pretestības spējas tests- izmanto metodi SS 923502. Šajā pārbaudes metodē 200 kg tērauda ritenis tiek ripināts pa plātņu virsmu un tiek noteikts, cik apgriezienu virsma var izturēt līdz pirmajai lūzuma pazīmei[7].
- Slīdamības klases noteikšanai izmanto metodi DIN 51130 (2008).

Dažādu firmu ražoto saplākšņu virsmas īpašību pārbaužu rezultātus ietekmē arī tas, cik precīzi tiek ievērota testu metodika, pārbaudēs izmantoto abrazīvo materiālu kvalitāte, var atšķirties arī pārbaudēm lietotie instrumenti (Král and Hrázský, 2008).

1.5 Koksnes kompozītmateriālu stiprības palielināšanas un svara samazināšanas iespējas

Koksnes mehānisko īpašības uzlabot var metāla vai polimēra konstrukcijām.

Runājot par mehānisko īpašību uzlabošanu izmantojot polimērmateriālus var izdalīt trīs galvenos materiāla tipus– stikla šķiedra, oglekļa/grafīta šķiedra un sintētiskās šķiedras (kevlars, aramīts u.c.). Ņemot vērā ekonomiskos nosacījumu visplašāk pielieto stikla šķiedru, kura ir lētākais materiāls no augstāk minētajiem.

Plašāk sastopamo sintētisko šķiedru veidi.

Stikla šķiedra

Komercializēta pagājušā gadsimta 30-jos gados. Galvenā sastāvdaļa silīcija oksīds SiO_2. Stikla šķiedrai piemīt augsta cietība, korozijas izturība, viegla masa un elastīgums, un šīs materiāls nav dārgs. Stikla šķiedra iedalās atkarībā no tās īpašībām E stikla šķiedra– elektro industrijā, S– ar augstu stiprību, C– augstu korozijas izturību, D– diaelektriska.

Oglekļa/grafīta šķiedras

Komercializēta pagājušā gadsimta 60-jos gados. Oglekļa šķiedras ir ar augstu stiprību, ķīmisko izturību un mazu masu. Oglekļa šķiedras ir daudzkārt stiprākas un stingākas nekā stikla šķiedra, taču tās ir arī daudzkārt dārgākas. Ņemot vērā tehnoloģiju attīstību un pieprasījuma palielināšanos pēc oglekļa šķiedrām sagaidāms, ka turpmākos gados to cena varētu daudzkārtīgi pazemināties, tādejādi nodrošinot jaunas tirgus nišas.

Polimēru šķiedras

Polimēru šķiedrām piemīt augsta stiprība un stingums. Viena no plašāk izplatītākām ir Kevlara šķiedras, kuru komercializācija sākās pagājušā gadsimta 80 gados. Mūsdienās tās pielieto dažādās konstrukcijās, ballistiskās aizsardzības produktos, virvju- kabeļu ražošanā.

Pielietojot nekoksnes materiālus koksnes plātņu mehānisko īpašību uzlabošana svarīgs faktors ir šī nekoksnes materiāla īpašību līdzība ar koksni. Piemēram, aplīmējot koksnes produktu ar nekoksnes materiālu un pēc tam iedarbojoties uz šī jaunā kompozītmateriāla ar straujām temperatūras svārstībām ir ļoti nozīmīgi, lai abu šo materiālu termālās

7 Havy duty plywood flooring and linings for demanding use. Finnforest. HGV & TRAILERS www.finnforest.co.uk/default.asp?path=200;256;368;2316;2318;9591;8847, skat. internetā 16.05.2008.

izplešanās koeficients maksimāli sakristu. Pretējā gadījumā var notikt līmes šuves sagrāve termālo deformāciju rezultātā.

Plašāk pielietojamo šķiedru īpašības aplūkojamas tabulā 1.21.

1.21 tabula

Izplatītāko šķiedru īpašības (Sheldon, 2002)

Šķiedru veids	**Diametrs, μm**	**Blīvums, kg·m $^{-3}$**	**Elastības modulis stiepē, GPa**	**Stiprība stiepē, GPa**
stikla šķiedra				
E	8 -14	2540	72.4	3.45
C	-	2490	68.9	3.16
S	10	2490	85.5	4.59
Oglekļa šķiedras				
PAN	10-11	1670 – 1900	228-517	1.72 – 2.93
Pitch	10 -11	2020	345	1.72
RAyon	6.5	1530 – 1660	41 – 393	0.62 – 2.20
Polimēru šķiedras				
Kevlars 29	12	1440	62	2.76
Kevlars 49	12	1480	131	2.80 – 3.79
Kevlars 149	-	1470	179	3.62
Spectra 900	38	970	117	2.58
Saplāksnis[a]	-	450-700	6.89 – 13.1	0.01- 0.03

[a] – dati no (Forest Product Laboratory, 1999)

Viens no iespējamiem veidiem kā uzlabot mehāniskās īpašības koksnes plātnēm var būt stikla šķiedras diegu ielīmēšana koksnes plātnē visā tās šķērsgriezumā. Šādi eksperimenti veikti ražojot koksnes daļiņu brusas ar augstuma un platuma attiecību 4:2 (Saucier, Holman, 1975). Autori ziņo par nozīmīgu lieces īpašību uzlabošanos vairāk kā 40%. Stikla šķiedras apjoms aptuveni 2% no kompozīta masas.

Koksnes mehānisko īpašību uzlabošanai ar stiklašķiedru pirmsākumi meklējami pagājušā gadsimta 60. gados. 70. gados Amerikas saplākšņu asociācija veica pētījumus par saplākšņa mehānisko īpašību uzlabošu izmantojot neorientētu stiklašķiedru, sacirstu šķiedru klājumu un saaustu audumu pielīmētu ar vinilestera un poliestera sveķiem. Iegūtās plātnes bija izturīgas, viegli apstrādājamas un labojamas (American Plywood Association, 1972).

Biblisun Karino (Biblis, Carino, 2000) izpētījuši, ka 5 kārtu saplāksnis (kārtu biezums, arējās un centrālā 2.5mm, šķērsfinieri 3.2 mm) pārklāts ar tirdzniecībā pieejamu stikla šķiedru piesūcinātu ar poliesteru sveķiem (610 g·m^{-2}) lieces elastības modulis un stiprība uzlabota par 22 un 34%. Presēšanas režīms– temperatūra 137ºC, laiks 16min, spiediens 1.2 MPa.

Spauns (Spaun, 1981) ziņo, ka stikla šķiedra apstrādāta ar amino-silane nodrošina labas adhēzijas īpašības ar fenola rezorcīna sveķu līmi. Stikla šķiedras un koksnes līmējuma šuve spēja izturēt (neatlīmējās) koksnes dimensiju izmaiņas gadījumos, kad mainījās mitruma saturs. Aplīmējot saaudzētu (bezdelīgastes savienojums) masīvkoka koksni ar stikla šķiedru būtiski uzlabojas lieces elastības modulis un stiepesstiprība.

Zijongs (Zhiyong, 2006) veicis eksperimentus ar mērķi uzlabot MDF un kokšķiedru plātņu mehāniskās īpašības izmantojot stikla šķiedras klājumu, kas satur ap 50% fenola

formaldehīda sveķus. Kopējā stikla šķiedras masa bija ap 3,5% no koksnes masas un deva 12 un 16% lieces stiprības palielināšanos 13 mm plātnēm.

Mehānisko īpašību pastiprinošā materiāla īpašības ir atkarīgas no materiāla sastāvdaļām (piem. šķiedras veida, pildvielas u.c.) un to uzbūves (piem., orientētas, neorientētas daļiņas utml.).

Galvenie faktori, kas ierobežo nekoksnes materiālu izmantošanu koksnes plātņu mehānisko īpašību uzlabošanai:

- Materiāla augstas izmaksas. Augsta materiāla izmaksas ir viens no galvenajiem iemesliem, kas liedz izgatavot izmaksu efektīvu produktu ar augstām mehāniskām īpašībām. Tāpēc šādi kompozīti pārsvarā tiek lietoti, jau esošu konstrukciju pastiprināšanai vai nozarēs, kur nepieciešama augsta stiprības un masas attiecība (piem. kuģubūve, aviobūve).
- Tehnoloģijas izmaksas. Vai ir iespējams ieviest izmaksu efektīvu produkta ražošanu?
- Dzīves cikla izvērtēšana. Ir nepieciešami pētījumi kā dažādi faktori (piem. vides- temperatūras un mitruma izmaiņas, materiāla novecošana u.c. faktori) ietekmē koksnes plātnes uzlabotas ar nekoksnes materiāliem.
- Materiāla adhēzija. Viens no svarīgākām kompozītmateriāla īpašībām ir „sistēmas" stabilitāte, izmantojot esošās tehnoloģijas un nepalielinot laikietilpību.

Džefrijs (Jefferies, 1972) sniedz trīs veida kravas konteineru materiālu salīdzinājumu. Savā rakstā viņš norāda uz trim galvenajiem konteinera izgatavošanas materiāliem:

- metāla konteineri;
- alumīnija konteineri;
- stikla šķiedras pastiprināta saplākšņa konteineri.

Šo konteineru plusi un mīnusi apkopoti tabulā 1.22.

1.22 tabula

Kravas konteineru izgatavošanas materiālu novērtējums

Konteinera veids	Priekšrocības	Trūkumi
metāla	zemas sākuma izmaksas;	augsta masa korozija deformējas triecienu rezultātā augstas remonta izmaksas
alumīnija	izturīgi pret koroziju zemāka masa nekā metāla konteineriem	Izmaksas par 50% augstākas nekā metāla konteineriem elektrolītiski uzņēmīgs viegli deformējas triecienu rezultātā
saplāksnis	Zema masas Augsta stiprība un elastība	Hidroskopisks materiāls– nepieciešams pārklāt ar aizsarg materiāliem

1.22 tabulas nobeigums

Konteinera veids	Priekšrocības	Trūkumi
stikla šķiedras uzlabota saplākšņa	Materiāls ir izturīgāks pret triecieniem nekā alumīnijs vai metāls, nenozīmīgas paliekošu deformācijas Stikla šķiedras pārklājums pasargā no nelabvēlīgas vides iedarbības Labākas siltumizolācijas spējas nekā metālam vai alumīnijam Zemas remonta izmaksas	

Pielietojumos, kur ir svarīga gan mehāniskā izturība, gan materiāla svars, tiek lietots jēdziens īpatnējā stiprība- stiprība attiecībā pret blīvumu un īpatnējais stingums-stingums attiecībā pret blīvumu. Pasaulē ir izveidoti dažādi pētījumu centri, kas pēta iespējas materiālus darīt vieglākus, nezaudējot nepieciešamo stiprību.

Jau gadu desmitiem izgudrotāji ir mēģinājuši ar šķiedru armējuma palīdzību uzlabot dažādu slogotu elementu- baļķu, siju, kolonnu un plātņu mehāniskās īpašības. Viena no nozarēm, kurās būtiski svarīgas ir koksnes materiālu stiprības īpašības, ir autobūves industrija. Piemēram, autotransporta industrijā saplāksnis tiek izmantots smago kravas mašīnu konteineru, treileru, autobusu grīdu segumos. Šeit svarīgs ir arī ražošanā izmantoto materiālu svars, kas ietekmē degvielas patēriņu un līdz ar to arī atmosfērā izdalīto izmešu daudzumu. Grīdu klājumos tradicionāli izmanto cietas koksnes materiālus, bet tā kā šāda veida koksnes resursi arvien samazinās un to cena arvien pieaug, tad būtu vēlams, nezaudējot vai pat uzlabojot saplākšņa stiprību, samazināt tā ražošanā patērētās koksnes daudzumu vai arī cietās koksnes finierus kombinēt ar citu sugu mīkstākas un mazāka blīvuma koksnes finieriem vai arī izmantot lielāku īpatsvaru zemākas kvalitātes koksnes izejmateriālus.

Turpmāk tiks aplūkots, ar kādiem materiāliem iespējams uzlabot koksnes kompozītmateriālu stiprību un/vai samazināt svaru.

1.5.1 Koksnes kā materiāla stiprības palielināšana ar koksnes modifikācijas un konstruktīvo paņēmienu palīdzību

Dažādos slodzi nesošos pielietojumos koksnes stiprības īpašības bieži ir nepietiekamas. Galvenais koksnes trūkums ir tās uzbūves neviendabība. Tas atspoguļojas visās koksnes īpašībās, it īpaši fizikālajās un mehāniskajās. Tādēļ jau sen ir bijuši mēģinājumi izgatavot no koksnes viendabīgus materiālus. Pirmais materiāls, kas apmierināja viendabības prasības, bija saplākšņi. Koksni īpaši apstrādājot tālākajā gaitā izdevās no tās izgatavot blīvākus materiālus, šķērsvirzienā un garenvirzienā stiprākus un viendabīgākus, izturīgākus pret mitrumu un kaitīgo sēņu iedarbību. Šādus koksnes materiālus sauc par cildoto koksni. Šiem materiāliem ir labas tehniskās īpašības, tā, ka tie zināmos gadījumos var aizvietot krāsainos metālus.

Literatūrā minēti divi cildotās koksnes ražošanas virzieni:

- apstrādājot masīvu koksni ķīmiski un pjezotermiski (saspiežot un sildot), iegūst lignostonu;
- apstrādājot ar dažādām saistvielām piesūcinātu vai apklātu finieri ķīmiski vai pjezotermiski, iegūst kārtaino cildoto koksni jeb lignofolu (Vaņins, 1950). Šādas apstrādes rezultātā palielinās saplākšņa blīvums, izturība pret mitrumu. Koksnes blīvums savukārt ietekmē tās stiprības īpašības. Koksnes blīvuma palielināšana ar saspiešanas palīdzību un apstrāde ar ķimikālijām to dara gan stiprāku, gan izturīgāku pret nodilšanu (Blomberg, 2006; Wood handbook, 1999).

Koksni impregnējot ar mazmolekulāriem sveķu monomēriem, piemēram, vinila monomēriem, kā metilmetakrilāts, tie iesūcas šūnu sieniņās un vēlāk polimerizējas, kā rezultātā tiek novērsta to izskalošana. Polimerizācijai parasti tiek izmantoti dažādi katalizatori- temperatūra, augstfrekvenču strāva, kodolradiācija un papildus var tikt veikta arī saspiešana. Jau no Otrā pasaules kara laikiem pazīstami dažādi modificētās koksnes materiāli, kā „Compreg"- ar fenola sveķiem impregnēta, saspiesta koksne „Impreg"- ar fenola sveķiem impregnēta, nesaspiesta koksne („Compreg" un „Impreg" pamatā tiek ražotas no finieriem), „Staypak"- neimpregnēta, bet saspiesta koksne, kuriem ir labāki stiprības, stinguma un formas stabilitātes rādītāji nekā neapstrādātai koksnei[8] (Bodig, Jayne, 1993; Wood handbook, 1999).

Ar polimēriem impregnētas un spiedienu apstrādātas koksnes dimensionālā stabilitāte, kompresijas izturība, cietība un nodilumizturība ir ievērojami lielāka, nekā neapstrādātam kokam, bet lieces stiprība ir tikai nedaudz labāka, kā neapstrādātam kokam. Tomēr pagājušā gadsimta 50-tajos gados šo materiālu ražošana apsīka, jo pasaulē arvien vairāk sāka izmantot sintētiskos polimērus un ar šķiedrām armētus kompozītmateriālus. No minētajiem produktiem mūsdienās vairāk ražo tikai „Compreg". Ar spiedienu apstrādātu un impregnētu koksni daudz izmanto tur, kur nepieciešama augsta nodilumizturība, cietība, izmēru stabilitāte mitruma klātbūtnē, piemēram, grīdu segumu, pildeņu, rokturu izgatavošanai (Callum, 2006).

Ražotāji arvien cenšas atrast jaunus risinājumus materiālu uzlabojumiem, cenšoties izmatot arvien mazāk izejmateriāla, nezaudējot materiālu vēlamās mehāniskās īpašības. Piemēram, papildus presēšana apvienojumā ar bērza koksnes cietību ļauj DELIGNIT® Beech Multiplex Type MU25 ražošanas procesā iegūt plātnes, kas būtu ideāli piemēroti kravas transporta grīdām. Tie ir ilgizturīgāki, kas attaisno to, ka tie ir dārgāki[9].

Ne tikai saplāksnī izmantojamo koksni, bet arī saplāksni pašu var pārveidot, izmantojot dažādus tehniskos un konstruktīvos paņēmienus, lai uzlabotu tā stiprību.

Sen pazīstams veids ir viļņotie saplākšņi- viļņaini izliekti saplākšņi, ko lieto konstrukcijās, kur no saplākšņiem prasa lielu stingumu (Vaņins, 1950).

Patentā US 6782929 (2004) teikts, ka saplākšņa stiprību iespējams palielināt ar īpašas presēšanas palīdzību, finiera kārtu līmēšanas un presēšanas laikā izmantojot preses spiedvirsmu ar paralēliem izciļņiem, kā rezultātā saplākšņa ārējās virsmās tiek izveidotas cietas rievas. Saplākšņa stiprība palielinājās, nepalielinot saplākšņa kārtu skaitu un neizmantojot citus papildus materiālus, līdz ar to pēc uzlabotās tehnoloģijas var ražot saplāksni ar mazāku kārtu skaitu un samazinātu svaru (Madrid, 2004).

Orientēto kokskaidu plātņu (OSB) mehāniskās stiprības īpašības var būt līdzīgas vai pat augstākas kā saplāksnim, OSB ir homogēnākas un atsevišķiem veidiem blīvums ir lielāks kā saplāksnim, tomēr reizēm, nepietiekami aizsargājot no mitruma, tām var būt

8 Plytanium Radiant Barrier Roof Sheathing, www.gp.com/BUILD/DocumentViewer.aspx?repository=BP&elementid=4916;skat., www.gpplytanium.com, skat. internetā 30.05.2008.
9 http://www.ltlewis.co.uk/profile.htm, skat. internetā 30.05.2008.

palielināta mitruma uzņemšana, kas rada uzbriešanu vai izliekšanos. Tomēr tā kā šī produkta mehāniskās īpašības ir diezgan augstas, pasaulē tiek attīstīti un ražoti dažādi OSB un citi koksnes šķiedru kompozītmateriāli ar pievienoto vērtību (Bowyer u.c., 2003). Literatūrā minēts arī tāds saplākšņa un orientētās kokskaidu plātnes hibrīdmateriāls kā „Comply", kuram vidējā kārta ir veidota no OSB, kuras galvenā simetrijas ass orientēta perpendikulāri segfinieru garenvirzienam. Šo materiālu, kas ir viens no pirmajiem koksnes hibrīdmateriāliem, izmanto kā strukturālo materiālu (Bodig, Jayne, 1993).

Saplākšņa vidus slānī var izmantot kārtu, kas veidota no malu apzāģēšanas atlikumiem, tos salīmējot vienā plāksnē. Tā kā vidusslānis būtiski neietekmē plātnes kopējo stiprību (īpaši pie galvenā slogojuma veida- pārbaudēm liecē) un stingumu, tad arī vidū ielīmētais slānis plātnes mehāniskās īpašības būtiski nemaina. US Patents 3970497 (1976), toties ekonomiskā ziņā ir ieguvums, ja saplākšņa ražošanā pārpalikušos malu atgriezumus, kas ir aptuveni 4% no materiāla, izmanto otrreiz (Glover Clinton, 1976).

Čehijā veikti pētījumi (Hrázský, Král, 2005) par mitrumizturīga, ar fenolformaldehīda filmu laminēta saplākšņa izturību pret lieci. Variēta saplākšņa uzbūve, atkarībā no finiera kārtu skaita, biezuma, koksnes veida (lapu vai skujkoku); pētīta mitruma satura, blīvuma ietekme (Hrázský, Král, 2005).

1.5.2 Koksnes plātņu kompozīti ar citiem materiāliem īpatnējās stiprības palielināšanai

Lai palielinātu materiālu lietderīgās īpašības un mazinātu nevēlamās, tiek izveidoti salikti materiāli- kompozītmateriāli, saistot divus vai vairākus materiālus. Kompozītmateriālus iedala 3 lielās grupās atkarībā no iestrādāto stiprinošo materiālu formas: daļiņu (piem., betons), šķiedru (stikla šķiedras materiāli) un laminārie (saplāksnis) (Askeland, 1996). Arī koksne tiek kombināta ar dažādiem citiem materiāliem. Neliels ieskats par dažādiem plātņu materiālu un to izejmateriālu ražotājiem un tirgotājiem sniegts 3. pielikumā.

1.5.2.1 Koksnes kombinēšana ar metāliem

Jau sen zināma ir koksnes kombinēšana ar metāliem. Attiecībā uz saplākšņiem, literatūrā, piemēram, minēti stiegrotie saplākšņi, kuriem starp koksnes kārtām ielīmēts metāla stiepļu režģis. Šādiem saplākšņiem ir liela mehāniskā stiprība un tos lieto speciālām vajadzībām. Jau iepriekš tika pieminēti arī bruņotie saplākšņi, kam viena vai abas ārējās kārtas ir metāla (alumīnija, dzelzs utt.). Tiem ir mazs tilpumsvars, bet liela mehāniskā stiprība un cieta virsma (Vaņins, 1950). Piemēram, saplākšņa virsmas pārklāšana ar nerūsošo tēraudu (uzņēmums Cattco USA) ne tikai uzlabo materiāla stiprību, bet arī trieciena un korozijas izturību, ilgmūžīgumu[10].

Tomēr šķēršļus nereti rada tas, ka metālu un koksnes īpašības, piemēram, izmēru izmaiņas mitruma ietekmē, ir dažādas. Tad materiālu saistīšanai jāizmanto pietiekami elastīgas līmes. Šķiedru materiālu armējumam šai ziņā ir priekšrocības, jo tā fizikālās, mehāniskās un ķīmiskās īpašības ir ļoti daudzveidīgas (Dagher Habib, Abdel-Magid Beckry, 2001).

10 http://www.cattcousa.com/wood.htm, skat. internetā 28.06.2008.

1.5.2.2 Šķiedru materiālu izmantošana

Pasaulē tiek veikti pētījumi, kā vēl vairāk uzlabot dažādu koksnes materiālu, tai skaitā līmētās koksnes, īpašības- īpatnējo stiprību, stingumu, ilgizturību.

Mūsdienās vairākums kompozītmateriālu tiek izgatavoti no viena materiāla šķiedrām, kas viendabīgi iestrādātas citā materiālā, kuru sauc par matrici. Matrice saista šķiedras kopā līdzīgi adhezīvam materiālam- līmei- un palielina to stiprību. Turpretim šķiedras padara matrici izturīgāku, stingrāku un novērš plaisu un lūzumu veidošanos tajā. Šķiedras visbiežāk izgatavo no stikla, oglekļa, silīcija karbīda vai. Par matrici parasti izmanto plastiskus polimērmateriālus, metālus vai keramiskos materiālus. Šīs trīs veida matrices ir pamatā triju veidu izplatītākajiem kompozītmateriāliem.

Šķiedru kompozītmateriāli, kas sastāv no sveķos (polimēru matricā) iestrādātām šķiedrām, visbiežāk stikla šķiedrām, parasti ir viegli pēc svara un var tikt veidoti sarežģītās formās; tos bieži izmanto avio un sauszemes transporta līdzekļu ražošanā, ēku būvniecībā nesošajos elementos, kā arī neslogotajos dekoratīvajos elementos un citur. Tiem ir arī augsta stiprība un ķīmiskā izturība un mazā svara dēļ tos arvien vairāk lieto tradicionālo materiālu- tērauda, alumīnija un koka daļējai vai pilnīgai aizvietošanai (Alann, 2006) (Dementjeva, 2003) (Sewell, 1985). Bez tam koksnes- armētie plastmasu kompozītmateriāli sniedz iespējas veidot konstrukcijas ar garākiem laidumiem, mazāku platumu, lielāku elastīgumu, kā arī ražošanā izmantot zemākas kvalitātes koksni (Dagher u.c., 2001).

Plaši zināma ir koksnes kompozītmateriālu armēšana ar oglekļa, aramīda (piemēram, Kevlar) un stikla šķiedru palīdzību, tās iestrādājot dažādu polimēru - epoksīdu, poliesteru, fenola savienojumu, polisulfīdu, neilonu matricēs. Tomēr arvien vairāk pētnieku uzmanību piesaista videi draudzīgu, no atjaunojamiem resursiem iegūtu dabīgo šķiedru izmantošana, tādēļ, ka no minerāliem un naftas produktiem iegūtās šķiedras ir grūtāk pārstrādājamas un palielina oglekļa dioksīda daudzums atmosfērā. Cenas ziņā atsevišķi sintētisko šķiedru veidi - oglekļa un aramīda šķiedras ir ievērojami dārgākas, tomēr visu no naftas iegūto šķiedru cenām ir tendence pieaugt (Alann, 2006; Sewell, 1985). Tiek meklētas alternatīvas arī salīdzinoši lētajai stikla šķiedrai. Latvijā viena no iespējām ir vietējo dabīgo šķiedraugu, tādu kā linu un kaņepju izmantošana.

Arī matriču materiāli kā, piemēram, termocietējošās plastmasas, laminēšanas procesā var izdalīt kaitīgus gaistošos organiskos savienojumus, tās saturošais produkts var būt grūti pārstrādājamas nolietošanās beigās (Bureau, 2004). Šķiedru materiālu iestrādāšana kompozītmateriālos var veiksmīgi notikt izmantojot jau esošos ražošanas procesus. Veidojot šķiedru kompozītmateriālus ir svarīgi ņemt vērā vairākus faktorus – kāds būs šķiedru leņķis, diametrs, orientācija, daudzums, šķiedru īpašības, matrices īpašības un šķiedru un matrices saistīšanās spēja jeb adhēzija.

Šķiedru virziens- šķiedras var būt īsas un neorientētas noteiktā virzienā (izkliedētas nejauši), kā, piemēram, smalcinātā stikla šķiedra, kas viegli tiek iestrādāta matricē un kompozītu dara relatīvi izotropu (īpašības nav atkarīgas no virziena). Turpretī garas un vienā virzienā orientētas šķiedras materiālam piešķir anizotropas īpašības ar īpaši labu stiprību un stingumu šķiedru virzienā, bet, ja slodzes virziens ir perpendikulārs, tad materiāla stiprība ir krietni vājāka. Šķiedras matricē var tikt iestrādātas noteiktos savstarpēji orientētos virzienos, lai panāktu vēlamās materiāla īpašības, tās var būt austas, adītas un sašūtas. Dažāds var būt armējuma kārtu skaits. Trīsdimensiju audumi tiek lietoti, lai savstarpēji saistītu vairākus šķiedru slāņus un nenotiktu to atlīmēšanās.

Šķiedru īpašības- lielākajā daļā šķiedru kompozītmateriālu šķiedras ir stipras, stīvas un vieglas; dažreiz nepieciešams, lai tās būtu arī termiski izturīgas. Svarīga ir šķiedru īpatnējā stiprība un īpatnējais elastības modulis, kuri atkarīgi no blīvuma. Aramīda un polietilēna šķiedrām ir lieliska stiprība un stingums, bet tās var lietot tikai salīdzinoši zemās temperatūrās. Dēļ mazā blīvuma polietilēna šķiedrām ir ļoti augsta īpatnējā stiprība un īpatnējais elastības modulis. Keramiskās šķiedras, kā alumīnija oksīds, stikla, SiC

šķiedras, ir stipras un ar lielu stingumu, tās ir ievērojami blīvākas kā polimēru šķiedras un var tikt izmantotas daudz augstākās temperatūrās (Askeland, 1996).

1.5.2.2.1 Dabīgās– linu un kaņepju šķiedras

Pasaulē ir ļoti daudz dažādu dabīgo šķiedru- dzīvnieku, augu un minerālšķiedras. Puse no pasaulē iegūtajiem šķiedrmateriāliem ir augu šķiedras- kokvilna, kapoks, džuta, kenafs, sizals u.c. Augu šķiedras kā armētājšķiedras kompozītmateriālos sāktas izmantot salīdzinoši nesen. Neierobežotie dabas resursi, laba pārstrādājamība, biosadalīšanās spēja un diezgan zemās cenas, pietiekami augstas īpatnējās stiprības un elastības moduļa vērtības ir tās priekšrocības, kas nodrošina augu šķiedras saturošu kompozītu pielietošanas strauju attīstību. Tās plaši izmanto gan individuāli, gan šķiedru maisījumos (Reihmane, 2005). Dabīgās šķiedras, protams, nevar līdzināties, piemēram, oglekļa šķiedrām stiprības ziņā, tomēr tās ir daudzsološa alternatīva stikla šķiedrām (Alann, 2006; Rigoberto et. al., 2004).

Dabīgo šķiedru kompozītmateriālus plaši izmanto automobiļu rūpniecībā apdarei un nenesošās konstrukcijās, bet pēdējā laikā arī daļēji slogotās konstrukcijās, piemēram, automobiļu iekšējo daļu ražošanā no dabīgo šķiedru un polipropilēna materiāliem un korpusa ārējās daļās no dabīgo šķiedru un poliestera sveķu materiāliem. Pateicoties dabīgo šķiedru izmantošanai, var tikt samazināts automobiļu daļu svars, vairāk nekā tad, ja tiek izmantota stikla šķiedra, kā arī enerģijas patēriņš ražošanai var tikt samazināts pat par 80%.

Kompozītu mehāniskās īpašības galvenokārt ir atkarīgas no šķiedru daudzuma, no katra komponenta (šķiedru un matrices) individuālajām īpatnībām, kā arī no šķiedru un matrices saistīšanās stipruma.

Dabīgo šķiedru galvenie trūkumi ir tādi, ka tās ir ļoti hidrofīlas, reizēm ar nepietiekamu stiprību un nevienmērīgu kvalitāti, reizēm nepietiekami izturīgas pret paaugstinātām apstrādes temperatūrām un grūti savienojamas ar lielāko daļu hidrofobo termoplastisko un termocietējošo matriču. Tiek veikti pētījumi, lai šo saistību palielinātu, tādējādi uzlabojot kompozītmateriālu mehāniskās īpašības. Šķiedru leņķis un izkliede matricē ir cita veida jautājums, kas kļūst aktuāls detaļu veidošanas (liešanas, ekstrūzijas, presēšanas) procesā. Ražojot dažādus materiālus, ir jāsaglabā līdzsvars starp materiālu mehāniskajām īpašībām un izmaksām; ne reti svarīgas ir arī termiskās, šļūdes un pārstrādājamības īpatnības[11] (Alann, 2006).

Biokompozītu nepilnība ir mazais stingums, tomēr tiek veikti pētījumi, kā to var novērst ar īpašām strukturālām konfigurācijām, kā, piemēram, šūnveida (cellulāriem) sendvičplātnēm, kas sastāv no blīva materiāla ārējām kārtām un maza blīvuma šūnveida (cellulārā) pildījuma. Šūnveida materiāli parasti ir 2 veidu- divdimensionālie (meduskāres- *honeycombs*) vai trīsdimensiju (putu). To īpašības ir atkarīgas gan no to veidojošā cietā materiāla kompozīcijas, no tā tilpuma visā kompozītmateriālā un no šūnu izkārtojuma un ģeometriskās formas. Arī kaut tikai daļēja sintētisko šķiedru aizvietošana ar dabīgajām var būt efektīga gan izmaksu, gan ekoloģiskā ziņā (Rigoberto u.c., 2004). Latvijā pazīstamākas un perspektīvākas ir linu un kaņepju šķiedras, tāpēc tās tiks apskatītas nedaudz vairāk.

Linu šķiedras

Lins pasaulē pazīstams jau sen. Tas pieder pie lūksnes (garajām stiebru) šķiedrām. Pašlaik galvenās ražotājvalstis ir Ķīna, Krievija, Ukraina, Francija, Baltkrievija, Ēģipte. Šķiedras stiebros aizņem~ 25%. Linu šķiedras galvenokārt izmanto tekstilizstrādājumu,

11 Natural-fiber hybrid composites for structural applications. Composites Special Edition, http://www.sae.org/automag/material/10-2006/1-114-10-38.pdf, skat. internetā 28.05.2008.

diegu, brezenta izgatavošanai, kā arī jauktu šķiedru iegūšanai, kombinējot ar kokvilnu, kaņepēm, sizalu, modālviskozi, poliamīdiem, poliesteri, akrilšķiedrām (Reihmane, 2005).

Lina mehāniskās īpašības tos dara par vienu no perspektīvākajām šķiedrām stikla šķiedras aizvietošanai.

Izgatavojot kompozītmateriālus, linu šķiedras labāk saistās ar termocietējošo sveķu matricēm, kas ir dārgākas, tādēļ tiek meklētas iespējas palielināt linu šķiedru saistību ar termokūstošajām, plastmasām, kas ir lētākas. Neapstrādātas linu šķiedras mitros apstākļos arī ievērojami saista ūdeni un uzbriest; formas nestabilitātes dēļ tās kompozītmateriālos var radīt mikroplaisiņas, tādējādi pasliktinot kompozītmateriāla mehāniskās īpašības. Lai palielinātu saistību starp linu šķiedrām un sveķiem un lai palielinātu linu šķiedru izturību un samazinātu to hidrofilās īpašības, iespējams apstrādāt gan pašas šķiedras, gan sveķus ar speciālām ķīmiskām vielām (Alann, 2006).

Kaņepju šķiedras

Kaņepju tāpat kā lins arī ir ļoti sen lietota šķiedra. Pašlaik to iegūst vairākās Eiropas valstīs - Itālijā, Polijā, Spānijā, Vācijā, Rumānijā, Ungārijā, Francijā. Zemās cenas un labu atsevišķu specifisku īpašību dēļ kaņepju šķiedras ir potenciāla alternatīva stikla šķiedrām, tomēr vairākās valstīs kaņepju audzēšana ir ierobežota tādēļ, ka vienu no kaņepju paveidiem *(Cannabis indica)* izmanto narkotiku ieguvei. Formas un struktūras ziņā kaņepju šķiedras ir līdzīgas linu šķiedrām; lignīna saturs tajās nedaudz augstāks kā linu šķiedrām, tāpēc tās ir stingrākas. Atdalīšana no auga līdzīga linu šķiedras iegūšanai: ar mērcēšanas, žāvēšanas, kulstīšanas un sukāšanas palīdzību, tomēr to atdalīt mehāniski vieglāk kā linu šķiedru. Tāpat kā linu šķiedras, kaņepju šķiedras ir izteikti hidrofīlas un slikti saistās ar termokūstošajām matricēm, tās apstrādājot mehāniski un ķīmiski, piemēram, ar maleīnskābes anhidrīdu vai nātrija hidroksīdu, kompozītmateriāla īpašības ievērojami uzlabojas. Salīdzinājumā ar linu, izturīgāka pret temperatūras, UV starojuma un mikroorganismu iedarbību, spīdīgāka, saista vairāk mitrumu. Pielieto tekstilizstrādājumu, paklāju, apavu, virvju, tauvu u.c. izstrādājumu ražošanā (Alann, 2006; Reihmane, 2005).

1.5.2.2.2 Mākslīgi iegūtās - stikla, oglekļa un aramīda šķiedras

Pie mākslīgi iegūtajām šķiedrām pieskaitāmas tādas sintētiskās šķiedras kā poliamīdi, poliesteri, poliolefīni, poliuretānu, polivinilspirta šķiedras, modālviskoze, ultra augstmolekulārais polietilēns, keramiskās šķiedras, taču visplašāk kompozītu materiālos izmanto stikla, oglekļa un aramīda šķiedras (Reihmane, 2005).

Stikla šķiedras

Stikla šķiedra ir visplašāk lietotais šķiedru veids polimēru matricu kompozītos. Sākot ar 1960.g. ļoti strauji pieaugusi stikla šķiedru pielietošana polimēru stiegrošanai (stiklaplasti). Stikla šķiedras izmanto ļoti daudzveidīgi koksnes materiālu stiprināšanai: gan siju armēšanai, gan kā virsmas materiālu sendvičtipa plātnēs ar koksnes pildījumu, kā ārējo armējumu saplākšņa ražošanā (Dagher, 2001).

Tās iegūst sajaucot smiltis, kaolīnu, kaļķakmeni un kolemanītu. Pēc sajaukšanas izejvielu maisījums tiek pakļauts ļoti augstas temperatūras (aptuveni 1600°C) ietekmei, kā rezultātā rodas šķidrs stikls. Šķidrums tiek liets cauri smalkiem caurumiņiem- filjerām (5 līdz 24 µm diametrā) un vienlaicīgi dzesēts. Ekstrudētās šķiedras tiek savērptas kopā smalkos kūlīšos.

Stikla šķiedras pavedieni tiek apstrādāti arī ar speciālām vielām- eļļotājiem, kas satur plēvi veidojošas vielas vai sintētiskos polimērus, mīkstinātājus un sašūšanas aģentus–

mehānisko īpašību, sevišķi lokanības uzlabošanai, berzes samazināšanai, lai pasargātu no mitruma un lai uzlabotu šķiedras un matricas saistību, līdz ar to kompozītu īpašības (Alann, 2006; Reihmane, 2005).

Komponentu proporcijas nosaka iegūto stikla šķiedru tipus (E, C, R, S, AR, S/R, T u.c.). Katram no tiem ir dažādi pielietojuma veidi un atšķirīgas īpašības. Biežāk tiek lietota E-tipa stikla šķiedra, jo tai piemīt labas fizikāli mehāniskās un elektroizolācijas īpašības un ir salīdzinoši zema cena, taču tā ir jūtīga pret sārmiem un skābēm. E-stiklam ir arī salīdzinoši zems elastības modulis, tādēļ bieži priekšroka tiek dota oglekļa šķiedrām, kas ir stiprākas un stīvākas. Toties, piemēram, C stikla šķiedra tiek ražota no speciāli izstrādāta sastāva ar lielāku izturību pret skābēm kā E stikls. S/R stikls ir speciāli izstrādāts sastāvs ar lielāku stiepes stiprību un elastības moduli, lētāks kā E stikls. E - stikla šķiedru cena 2005. g. bija relatīvi zema - aptuveni 1.5-3€·kg[12] (Alann, 2006). E-stikla šķiedras un dabīgo šķiedru salīdzinājums sniegts 1.23 tabulā.

1.23 tabula

E-stikla šķiedras un dabīgo šķiedru salīdzinājums (Alann, 2006)

Stikla šķiedras pozitīvās īpašības	**Dabīgo šķiedru spēcīgās puses**
Nav dabīgo variāciju, šķiedru orientācija vienā, tas ir maksimālās pieliktās slodzes, virzienā.	Daudz mazāks blīvums kā stikla šķiedrai (1,5 pret 2,44 g/cm^3).
Izmēru stabilitāte (nesaista mitrumu, nerūk un neuzbriest).	Daudzu dabīgo šķiedru cena ir zemāka.
Labi atstrādāta tehnoloģija, jo stikla šķiedru ražošana notiek jau daudzus gadus.	Atjaunojamais resurss, plaši pieejamas, viegli pārstrādājamas, biodegradējamas, CO_2 neitrālas.
Augstas mehāniskās īpašības, ja netiek ņemts vērā blīvums.	Dažu šķiedru specifiskas mehāniskās īpašības ir salīdzināmas ar stikla šķiedras īpašībām. Junga moduļa ziņā linu un kaņepju šķiedras var līdzināties stikla šķiedrām.
	Pret apstrādes iekārtām nav abrazīvas.
	Darbiniekiem, kas ar tām strādā, neizraisa veselības problēmas.

Oglekļa šķiedras

Oglekļa šķiedru pirmsākumi meklējami jau ļoti sen. Jau 19. gs. Svans Edisons patentēja šķiedru, kuru ieguva no celulozes šķiedrmateriāliem un izmantoja kā kvēldiegu elektriskajā lampā. Pagājušā gadsimta 60. gados oglekļa šķiedras sāka un turpmāk ilgu laiku izmantoja galvenokārt lidaparātu būvē, tomēr arvien vairāk tās gūst pielietojumu arī citās nozarēs.

Oglekļa šķiedras iegūst augstā temperatūrā oksidējot, karbonizējot un grafitizējot augsta oglekļa satura izejmateriālus, parasti piķus, celulozi vai poliakrilonitrilu (PAN). Pēdējo izmanto visplašāk un iegūtās šķiedras ir ar visaugstākajām mehāniskajām īpašībām. Oglekļa šķiedras ir ar diametru 5-15 µm. Atkarībā no grafitizācijas procesa temperatūras tiek iegūtas vai nu augstas stiprības vai arī augsta moduļa šķiedras.

12 Zweben C., Stronger and Lighter — Composites Make Their Mark, Edited by Hoffman J. M., Original Publish Date : skat. internetā 17.03.2008. http://machinedesign.com/ContentItem/72289/StrongerandLighterCompositesMakeTheirMark.aspx, skat. internetā 05.05.2008.

Oglekļa šķiedras ir daudz dārgākas nekā stikla šķiedras, tomēr to mehāniskās īpašības arī ir daudz augstākas. To pozitīvās īpašības kopumā ir šādas: augsta stiprība un elastības modulis, ķīmiskā un termiskā izturība, zema termiskā izplešanās, siltuma un elektrovadāmība, stingums bez šļūdes, izturība zemās temperatūrās. Pielieto automašīnu būvē (atsperes, riepu kordi, kompozītmateriāli), elektrotehnikā (elektrodi, sildelementi, radaru uztvērēji), mehānikā (gultņi, bremzes, rotori, tekstiliekārtas), gaisa kuģniecībā, kosmosa tehnikā, medicīnā, sporta piederumu, mūzikas instrumentu izgatavošanā. Oglekļa šķiedru cena salīdzinoši augsta- 2005.g. 20-60 €·kg (Alann, 2006; Reihmane, 2005).

Tā kā šo šķiedru patreizējās cenas ir augstas, bet auto industrijā vieglā svara dēļ kā armējošo materiālu tās ir ļoti izdevīgi izmantot, zinātnieki mēģina samazināt šķiedru ražošanas izmaksas, izmantojot lētākus izejmateriālus, kā reģenerētā celuloze, reciklētie polimēri un lignīns (Murcia, Hess, 2004).

Aramīda šķiedras

Aramīda šķiedras ir organiskā polimēra- aromātiskā poliamīda- produkts, kuru iegūst aromātisko diamīnu un aromātisko skābju dihloranhidrīdu sajaukšanā un reakcijā. Šīm šķiedrām ir spilgti zeltaina krāsa. Ir 2 galvenie aramīda šķiedru veidi: para un meta aramīdšķiedras. Tām piemīt ļoti augstas tādas mehāniskās īpašības kā stiepes stiprība, elastības modulis un liela pretestības spēja pret triecienu, termostabilitāte, ķīmiskā izturība, labas dielektriskās īpašības. Tirdzniecībā pazīstamas, piemēram, ar nosaukumiem Kevlar (Dupont) un Nomex. Salīdzinot ar stikla šķiedrām, aramīda šķiedru cena ir daudz augstāka (2005.g. 20 līdz 35 €·kg).

Kevlar ir para formas aramīdšķiedras; to molekulas ir ļoti regulāras un sakārtotas, ar augstu kristāliskuma pakāpi. Salīdzinot ar Nomex šķiedrām, tām ir augstāka stiprība un elastības modulis. Izmanto ballistisko audumu bruņu vestu un cepuru, neaustu materiālu, riepu kordu, transportlentu, virvju, kompozītmateriālu ražošanā. Nomex ir meta formas aramīdšķiedras; polimēra ķēde ir neregulāra, nelineāra, lokana; šķiedras struktūra– praktiski amorfa. Tām ir mazāks elastīgums un stiprība, salīdzinot ar Kevlar, toties piemīt paaugstināta ugunsizturība. Izmanto šļūteņu armēšanai, ugunsdzēsēju aizsargapģērbiem, cimdiem, kompozītmateriālos, filtros.

Aramīdšķiedru trūkumi ir tādi, ka tās ir grūti pārstrādāt šķiedru fibrillizācijas dēļ (tā palielinās, pieaugot elastības modulim), un ir grūti sagriežamas. Izmantojot griešanai lāzertehnoloģiju, izdalās kaitīgas vielas (benzols, stirols u.c.). Pētījumi par aramīdšķiedrām turpinās, tās ķīmiski modificējot (Alann, 2006) (Reihmane, 2005).

1.5.2.2.3 Matriču un adhezīvie materiāli

Matrices uzdevums ir saglabāt šķiedru izvietojumu materiālā, pārnest pielikto slodzi uz šķiedrām, pasargāt šķiedras no sabojāšanas kompozīta ražošanas un lietošanas laikā un lai novērstu plaisu izplatīšanos. Parasti matrice arī nodrošina nepieciešamās materiāla elektriskās, ķīmiskās, termiskās īpašības. Plašāk pazīstamas ir polimēru matrices– gan termokūstošās (polipropilēns, poliamīds u.c.), gan termocietējošās (fenola sveķi, epoksīdi, poliesteris, vinilēsteris u.c.). Poliuretāni, atkarībā no sastāva var būt gan termoplastiski, gan termocietējoši. Izmanto arī metālu matrices, kas ir daudz izturīgākas pret augstu temperatūru iedarbību, tomēr šādu kompozītmateriālu ražošana ir krietni sarežģītāka un dārgāka. Arī keramiskos materiālus var izmantot kompozītmateriālu matricēm. Šķiedru (stikla, oglekļa un aramīda u.c.) kompozītu ražošanai svarīgi izvēlēties vispiemērotāko matrici, vadoties no 3 galvenajiem faktoriem:

- labas mehāniskās īpašības: augsta robežstiprība, stingums un izturība pret deformēšanos, lai kompozītmateriāls nebūtu trausls;
- laba saistīšanās spēja ar šķiedrām, lai nodrošinātu efektīvu slodzes pārnesumu un nenotiktu atlīmēšanās vai plaisāšana, jo šī saistīšanās stiprība ietekmē visu kopējo kompozītmateriāla stiprību; lai uzlabotu saistību, dažreiz tiek lietoti īpaši pārklājumi, piemēram, stikla šķiedras var tikt pārklātas ar silāniem, lai uzlabotu adhēziju un mitruma izturību. Matrices un šķiedru materiāliem ir jābūt arī ar līdzīgiem termiskās izplešanās koeficientiem;
- laba pretestības spēja apkārtējās vides apstākļu iedarbībai: matricei ir jānodrošina šķiedru aizsardzība pret apkārtējās vides un agresīvu vielu iedarbību (Alann, 2006) (Reihmane, 2005).

Ražošanas vajadzībām no ieteicamo līmju vidus jāizvēlas konkrētajiem apstākļiem vispiemērotākās līmes vadoties no līmēšanai pakļauto materiālu rakstura, līmsavienojuma ekspluatācijas apstākļiem, vēlamā līmēšanas tehnoloģiskā procesa rakstura un ilguma, darba drošības un ugunsdrošības apstākļiem un ekonomiskajiem apsvērumiem.

Pirms salīmēšanas virsmas ieteicams attīrīt no putekļiem, metāla virsmas pirms līmēšanas pie saplākšņa ir ieteicams attaukot. Ja saplāksni līmē ar materiāliem, kuriem ir atšķirīgs izplešanās koeficients temperatūras ietekmē, jāizmanto līmes, kuras kompensē šo materiālu dimensiju izmaiņas temperatūras ietekmē.

Lai novērstu kādu līmes trūkumu vai akcentētu tās vērtīgu īpašību, līmes var modificēt. Piemēram, fenolformaldehīda līmi modificē ar kaučukiem, lai panāktu līmes elastības pieaugumu, ar silīcijorganiskajiem polimēriem- lai palielinātu termisko izturību, ar polivinilacetātu- lai palielinātu līmes salipšanu ar metāliem, stiklu u.tml.[13] (Koks būvniecībā, 2007).

Fenola sveķiem piemīt augstas ugunsizturības īpašības, bet jauns produkts ir polibenzoksazīnu sveķi- zemas cenas alternatīva fenolformaldehīda sveķiem, tiek lietoti lidmašīnu dekoratīvajās plātnēs. Polibenzoksazīni uzrāda par 80% lielāku pretestības spēju degšanai, zemāku toksiskumu[14].

Poliizocianātu līmes vai karsti kūstošās līmes *(hotmeltus)* ietecams izmantot tad, ja materiālā nav vēlams ievadīt papildus mitrumu ar līmi (Robbins, 1986).

Bērza un citu augsta blīvuma sugu koku koksni ir salīdzinoši grūti līmējot savienot ar šķiedru armējumiem. Vēl vairāk- ja koksne iepriekš ir bijusi apstrādāta, piemēram, ar konservantiem vai arī, jo koksnes materiāls tiks lietots mitros vai mainīga mitruma apstākļos, tad līmes sniegums var tikt būtiski pasliktināts. Dažādi pētījumi ir veikti, lai uzlabotu līmju un koksnes adhēziju. Kā šķiedru armējumu matrices ilgi tika izmantoti epoksīdsveķi. Epoksīdsveķi veido saites, kas sausos apstākļos ir tikpat stipras kā koksne, bet mitrumā notiek atlīmēšanās. Savukārt līmes uz ūdens bāzes- fenola, rezorcīna, izocianātu, karbamīda un melamīna sveķi labi saista koksni tikai tad, ja tā iepriekš nav tikusi ķīmiski vai fizikāli pārveidota. Vēlāk sāka izmantot arī stikla šķiedras armējumu, kas impregnēts ar fenola- rezorcīna- formaldehīda sveķiem. Armējuma kārtu saistība savā starpā un ar koksni tiek viegli panākta, izmantojot šos pašus sveķus, ko bieži vien izmanto arī nesošo koksnes elementu līmēšanai. Bet, ja šķiedru materiālos kā matrici izmanto citus sveķus, kā poliesteri, vinilēsteri, poliimīdus, tad saistvielas to pielīmēšanai pie koksnes nav viegli atrodamas. Šķiedru materiālu armējumiem vislētākie ir poliestera sveķi, kuri ir pieejami ar plaša spektra mehāniskajām un mitrumizturības īpašībām. kaut arī poliestera sveķi ir labi savienojami ar stikla šķiedru, lielākā daļa no tiem grūti saistās ar koksni un citiem lignocelulozes materiāliem. Arī ar koksnes līmēšanā izmantojamām saistvielām poliestera sveķi saistās grūti. Patentā US 6808788 B2 (2004) izstrādāta metode nepiesātināto poliestera sveķu saistības uzlabošanai ar koksni, tos modificējot ar poliizocianātu sveķiem. Izstrādātā saistviela labi saista gan cietas koksnes, gan arī ar konservantiem apstrādātas koksnes materiālus. Koksnes virsmu, kas tiks pakļauta

13 http://www.ainsworth.ca/, skat. internetā 27.07.2008.
14http://www.fire.tc.faa.gov/research/targtare.stm, skat. internetā 18.06.2008.

līmēšanai iepriekš vēl apstrādājot ar īpašu adhēzijas uzlabotāju uz rezorcīna–formaldehīda bāzes, veidojas saites, kas ir vēl stiprākas un noturīgākas pret atlīmēšanos. Izstrādājot saistvielu kompozīciju, tām vēl var tikt pievienotas dažādas vielas stabilitātes, ugunsizturības palielināšanai, biezināšanai, viskozitātes modificēšanai, pigmenti, pelējuma vai ūdens atvairītāji, lubrikanti un citas piedevas. Modificētās saistvielas var tikt izmantotas visdažādāko nesošo koksnes konstrukciju elementu izgatavošanai, dažādu koksnes produktu, piemēram, no skaidām, kā arī dabīgo šķiedru- lina, kaņepju u.c. līmēšanai (Bogner, 2004).

1.5.2.2.4 Šķiedru armējuma izgatavošana un pielīmēšana pie substrāta

Dažreiz laminātu izgatavošanai lai atvieglotu tehnoloģiskos procesus, izmanto jau iepriekš sagatavotus- iepriekš impregnētus šķiedru klājumus, ko angliski sauc *„prepregs".* Impregnētos šķiedru slāņus var pielīmēt ar dažādām saistvielām. Var un ir pat vienkāršāk un ieteicamāk šķiedru materiāla impregnēšanai izmantot to pašu saistvielu, kas tiks lietota šī materiāla un pārklājamās virsmas saistīšanai. Tad šķiedras ar impregnējamo polimēru piesūcina tik bagātīgi, lai tā pietiktu arī salīmēšanai ar substrātu. Bet šķiedru matrices sveķi var arī atšķirties no sveķiem, kas saista šķiedru klājumu ar substrātu. Tad jābūt labai šo materiālu adhēzijai (Sewell, 1985).

ASV patentā US 2001/0002609 A1 (2001) aprakstīti dažādi varianti ar šķiedrām stiprināta armējuma iepriekšējai sagatavošanai un savienošanai ar pārējo materiālu ražojot kompozītmateriālu. Ar pultrūzijas metodi iepriekš iegūtam šķiedru armējuma materiālam ir daži trūkumi, salīdzinot ar procesu, kad koksnes- šķiedru armējuma kompozītmateriāls tiek izgatavots vienā paņēmienā, sintētiskās šķiedras iemērcot mitrā sveķu- šķīdinātāja masā un uzklājot koksnes materiālam mitri-impregnētā veidā *(wetpreg)* vai daļēji sacietējušā formā. Pēdējais variants ir izdevīgāks, jo ir mazāki sveķu zudumi un iegūtā kompozīta mehāniskās īpašības ir labākas. Patentā teikts, ka ieteicams izmantot lētos fenola-rezorcīna-formaldehīda sveķus, kas kalpo gan kā matrice šķiedru armējumam, gan saista armējumu pie koksnes substrāta. Lai sasniegtu maksimālu adhēziju, iepriekšminētajiem sveķiem papildus tiek pievienots neliels daudzums sārma (NaOH) šķīduma (Dagher and Abdel, 2001).

Šķiedru armējuma labākai pielīmēšanai pie saplākšņa virsmas izstrādāta metode, kas aprakstīta patentā US 5498460 (1996). Līdz tam bija zināma vienīgi dārgo epoksīdsveķu izmantošana, lai savienotu koksni ar plastmasu armējumiem, bet tā kā koksnes līmēšanai parasti izmanto lētākas saistvielas- rezorcīna, fenola, melamīna un polivinilacetāta, tad armējuma pielīmēšanai nav izdevīgi izmantot vēl papildus līmēšanas iekārtu un līmēšanas posmu epoksīdsveķu uznešanai. Šķiedru pārklājumā ar dažādiem paņēmieniem tiek izveidoti padziļinājumi un spraugas, lai saistviela, arī, piemēram, rezorcīna un fenola sveķi, ieejot tajos, veidotu spēcīgākas saites ar šķiedru klājumu. Jāņem vērā, ka saišu veidošanās stiprību ļoti ietekmē arī atvērtais līmēšanas laiks, kurā saistvielai tiek ļauts apžūt un dziļāk iesūkties materiālā (Vaņins, 1950).

Šķiedru armējuma labākai saistīšanai ar koksni patentā US 6281148 B1 (2001) (Dagher, 2001) izstrādāta metode šķiedru armējuma slāņa jeb plātnes iepriekšējai izgatavošanai ar pultrūzijas metodi. Tā nosaukums RESPI^{TM}.

Pultrūzijas process ir viens no izplatītākajiem šķiedru iestrādāšanas veidiem matricē. Pultrūzija ir nepārtraukts tehnoloģisks process, kurā, velkot caur sakarsētu formu veidojošu filjēru ar termoreaktīviem sveķiem piesūcinātus stikla vai citu šķiedru materiālus iegūst pilnīgi izveidotus stikla šķiedras vai citu šķiedru kompozīta profilus ar sākotnēji uzdoto konfigurāciju. Filjērā notiek vadāms termoreaktīvs sveķu polimerizācijas process. Izstrādājuma garumu parasti nosaka patērētāja vajadzības un pasūtītāja transporta iespējas.

RESPI™ šķiedru plātne vidusdaļā saistīta ar sveķu matrici, bet plātnes ārējie šķiedru slāņi ir ar sveķiem nepiesātināti. Pirms armējuma un koksnes kārtu sapresēšanas armējuma plātne no ārpuses jānoklāj un jāpiesūcina ar saistvielu, tā jānogludina, lai nebūtu nevēlamu gaisa tukšumu un burbuļu un jānoņem saistvielas atliekas ar īpašu ierīci. Var tikt izmantotas dažādas saistvielas gan plātnes iekšpuses matricei, gan armējuma ārējo slāņu salīmēšanai ar koksnes vai ar citām šķiedru armējuma kārtām, bet izdevīgāk ir izmantot koksnes līmēšanā jau tradicionāli izmantotās saistvielas, piemēram, fenola-rezorcīna- formaldehīda līmi, kurai ir arī laba ugunsizturība. Labākai adhēzijai ar fenola sveķiem, piemēram, stikla šķiedras var tikt arī iepriekš apstrādātas ar īpašām ķimikālijām. Visos ražošanas procesos svarīgi ievērot optimālo temperatūru, sacietēšanas ilgumu, kas atkarīgs no sveķu un šķiedru tipa, šķiedru daudzuma. Pultrūdētajai šķiedru plātnei var izveidot aptverošās *(angl.- sacrificial)* malas, kurās iestrādā viegli noslīpējamas šķiedras (piemēram, linu, polipropilēna, PVC), kas var tikt viegli noslīpētas kopā ar pārējo kompozītmateriālu, slīpēšanas procesā neaizskarot šķiedru armējumu[66] (Dagher, 2001).

1.5.2.2.5 Daži šķiedru armējuma izmantošanas rūpnieciskie piemēri un eksperimentālie mēģinājumi koksnes plātņu ražošanā

Plātnes veidojošo materiālu kombinācijas var būt visdažādākās. Saplākšņa izgatavošanas gadījumā arī saplākšņa finiera kārtu skaits un tā kombinācijas ar šķiedru armējuma kārtām var būt visdažādākās. Gan šķiedru materiāls, gan finieris var tikt likti pamīšus, kā arī var blakus likt vairākas kārtas no viena veida materiāla. Finiera kārtām var izmantot dažādu koku sugu- gan lapu koku ar cietāku koksni, gan skujkoku ar mīkstāku koksni- materiālus. Vēlams lai visiem koksnes finiera slāņiem mitruma saturs būtu vienāds. Tie iepriekš var arī tikt impregnēti ar sveķu šķīdumiem, lai palielinātu izturību pret mitruma un mikroorganismu iedarbību. Impregnēšana var tikt veikta vairākkārtīgi, pa starpām ļaujot iztvaikot šķīdinātājam. Tas pats attiecas arī uz šķiedru materiāla slāņiem- arī tie var tikt vairākkārtīgi impregnēti, lai sveķu saturs būtu pietiekams un izvairītos no iekšējo tukšumu veidošanās.

Armējumam kā šķiedras pēc izvēles var tikt izmantotas aromātisko poliamīdu (Kevlar), oglekļa, stikla, neilona, vinila šķiedras, kas impregnētas ar epoksīdu, fenola formaldehīda, melamīna formaldehīda, fenola rezorcīna formaldehīda, karbamīda formaldehīda vai poliesteru, vinilēstera sveķiem, polipropilēnu. Šķiedru virziena orientācija var būt dažāda, atkarīga no iegūstamajām īpašībām gala materiālā.

- Patentā US Patent 6497937 B1 (2002) aprakstīts paņēmiens autotransporta furgonu grīdu saplākšņa izgatavošanai kombinējot blīvas un mazāk blīvas koksnes finiera kārtas ar aprēķinu, lai rezultātā plātnes stiprība būtu iespējami augstāka, turklāt stiprības palielināšanai un pasargāšanai no mitruma izmantots šķiedru armējums, kas impregnēts ar polimēru sveķiem. Armējuma slānis, veidots no stikla šķiedras un epoksīdu sveķiem un pielīmēts saplākšņa apakšā ar nolūku to pasargāt no apakšas apšļakstīšanās mašīnas braukšanas laikā (Lam Frank et. al., 2002).

Saplākšņa kārtu kombinācija jāveido ar nolūku panākt maksimālo izturību pret dažādām slodzēm. Bīdes spriegums visaugstākais ir blakus neitrālajai asij plātnes centrā un ļoti mazs malu tuvumā. Bet lieces spriegumi, no otras puses, uz neitrālās ass ir 0, bet uz malām sasniedz maksimumu. Plātnes slāņi katrs pilda savu lomu slodzes nešanā. Virsmas slānis uzņem slodzi un novada to uz pārējo plātni, tas visvairāk pakļauts saspiešanai, mehāniskai bojāšanai un dilšanai, tādēļ to vēlams veidot no izturīgākiem, blīvākiem materiāliem. Slodzes sadalīšanas slānis vienmērīgāk izkliedē slodzi no tās koncentrēšanās vietām, tādēļ parasti tiek veidots no finiera slāņa, kura šķiedru virziens perpendikulārs plātnes garenvirzienam; arī šim slānim jābūt no stipras koksnes, jo tā

15http://www.rishon-inter.lv/, skat. internetā 03.07.2008.

bīdes stiprība ir mazāka dēļ perpendikulārā šķiedru virziena. Bet vidusslāņa (šeit vidusslānis ir domātas visas pārējās saplākšņa kārtas izņemot virsējo slāni, tam sekojošo slodzes izkliedēšanas slāni- ar šķiedrām perpendikulāri virsējam slānim un apakšējo kārtu) uzdevums ir uzņemt un nest bīdes spriegumus, arī palielināt plātnes stiprību, vēlams nepalielinot ievērojami plātņu svaru. Stingrību var daļēji palielināt, palielinot plātnes biezumu. Minētajā patentā saplākšņa un armējuma kārtu izvietojums ir tāds, ka neitrālā ass ir nobīdīta uz leju, pateicoties apakšā novietotajam armējumam, tādējādi palielinot stiepes kapacitāti liecē. Bet vājākā- šķērskārta ir novietota maksimāli tuvu plātnes augšpusei- kompresijas zonai, kur vairāk izteikta lieces slodze. Neitrālās ass tuvumā atkal ir izvietotas augstas stiprības koksnes finieru kārtas, jo tur garenvirziena bīdes spriegumi ir vislielākie. Tādējādi tiek iegūts kombinētā plātne ar optimālu stiprību. Arī rūpnieciskie izmēģinājumi apliecināja, ka šāda saplākšņa ražošana ir iespējama un perspektīva. Iepriekšminētajā patentā minēti priekšlikumi, kā var panākt plātnes mehānisko īpašību izmaiņas, tai skaitā, stiprības uzlabojumus:

- mainot finiera kārtu biezumu (1,5- 3,2 mm) - jo biezāka finiera kārta, jo lielāka tās stiprība;
- mainot finiera kārtu skaitu vidusslānī (8-14 gab.);
- mainot vidus slāni veidojošos materiālus atkarībā no koksnes veida (blīvākas koksnes finieri dod lielāku stiprību);
- mainot armējuma slāņa komponentus: šķiedras un/vai sveķus, kā arī armējuma kārtas biezumu;
- var arī izmantot papildus armējuma slāni plātnes virspusē;
- plātnes apakšā zem apakšējā armējuma slāņa var piepresēt papildus finiera kārtu tādēļ, lai preses spiedvirsma tiktu pasargāta no nosmērēšanās ar armējumā izmantotajiem sveķiem (Lam Frank et. al., 2002).

- No stikla šķiedrām un epoksīdsveķiem izgatavotu armējošo slāni kravas automašīnu grīdu seguma armēšanai izmanto ASV uzņēmums Havco Wood Products (www.havcowp.com) ražojot kompozīto koka grīdas segumu. Plātni veido no ar malām salīmētiem ozolkoka dēļiem. No vairākām šādām plātnēm, tās salaižot kopā, tiek izveidots grīdas segums. Plātņu apakšpuse tiek aplīmēta ar ļoti izturīgu stikla šķiedras – epoksīdu armējumu, izmantojot poliuretāna karsti kūstošo līmi *(polyurethane reactive hotmelt).* Tiek iegūts paaugstinātas stiprības autofurgonu grīdas segums, ļaujot pārvadāt gan smagākas kravas, gan arī, ja netiek palielināta krava, var samazināt grīdas seguma biezumu un svaru, saglabājot to pašu stiprību. Kā liecina uzņēmuma veiktās pārbaudes, uzlabotās plātnes stiprība ir par 90% lielāka, bet materiāla stingrība *(toughness)* ir par 200% lielāka, salīdzinot ar parastu, nearmētu plātni. Stiprības testu rezultātu variācijas koeficients uzlabotajam materiālam arī ir mazāks- tātad stiprība ir vienmērīgāka.

Plātnes apakšpusē piestiprinātais armējuma slānis arī pasargā grīdu no apšļakstīšanās ar mitrumu un dubļiem braukšanas laikā, kas parasti bojā grīdas segumu, reizēm arī kravu. Interesanti, ka uzņēmums specializējas tieši ozolkoka koksnes produktu ražošanā, jo šai koksnei ir ne vien augsta stiprība, bet arī ilglaicīgāka izturība pret pūšanu, salīdzinot ar citu koku, piemēram, kļavas, bērza, oša vai dzeltenās papeles, koksni. Līdz ar to šāds grīdas segums kalpo ilgāk[16].

Uzņēmums izstrādājis patentus US 6183824 B1 un US 2001/0003623 A1 (2001), kuros aprakstīta šāda grīdas seguma izgatavošana. Konkrētajam grīdas segumam tiek ieteikts, lai vismaz 70- 90% šķiedru virziens sakristu ar grīdas garenvirzienu. Armējošā slāņa piestiprināšana plātnes apakšpusē ir veikta arī tādēļ, lai koka plātnes virspuses priekšrocības tiktu saglabātas tāpat kā parastiem nearmētām plātnēm- maza slīdamība un spēja labāk uzsūkt nejauši izlijušu mitrumu vai eļļas. Ja virsma ir pārklāta ar šķiedru -

16 http://www.havcowp.com/, skat. internetā 03.07.2008.

polimēra materiālu, tāpat pie neliela izlijušas eļļas daudzuma ir daudz slidenāka un bīstamāka pārvadājot smagas kravas (Padmanabhan et al., 2001) (Platts Kellett, 1931).

- Uzņēmums Glasforms (www.glasforms.com) ražo kompozītu sendvičtipa plātnes CRTM™, kas armētas ar šķiedrām. Piedāvā dažādu veidu plātnes atkarībā no iekšējā materiāla (*end-grain balsa*, putas vai saplāksnis) un laminētās virskārtas materiāliem (ar stikla šķiedru vai oglekļa šķiedru armēts poliesteris, vinilēsteris, epoksīdsveķi vai citi plašāk zināmie sveķi). Tiek izmantoti arī autotransporta grīdām (piem., izmanto Kenworth Truck Company). Augsti stiprības rādītāji attiecībā pret to svaru.

- ASV veikts eksperimentāls pētījums (Biblis and Carino, 2005) par dienvidu priedes (*Pinus Southern*) saplākšņa, kas pārklāts ar stikla šķiedru stiprinātu plastmasu, lieces īpašībām. Saplāksnis no abām pusēm bija pārklāts ar divkārtīgu austas stikla šķiedras - poliestera pārklājumu. Pētījuma rezultāti apliecināja, ka virsmas finierējuma šķiedru virzienā 3-kārtu saplāksnim stingums un lieces stiprība palielinājās par 27 un 57%, bet 5-kārtu saplāksnim par 22 un 34%. Virzienā, kas perpendikulārs virsmas finierējuma šķiedru virzienam, 3-kārtu saplāksnim stīvums un stiprība pieauga vēl izteiktāk- par 718 un 310%, bet 5-kārtu saplāksnim par 94 un 246%.

Gatavs virsmas pārklājums- austs stikla šķiedru materiāls, kas impregnēts ar poliesteri (42% pēc svara) divās kārtās tika uzklāts abu pušu saplākšņa virsmām ar karstās presēšanas paņēmienu (280^{o}C, 175 psi, 16 min.). Lai presēšanas laikā sakarsušais materiāls būtu vieglāk atdalāms no preses plāksnēm, starp plāksnēm un kompozītmateriālu tika novietots industriālais augstu-temperatūru izturīgs teflona starpklājums. Pēc presēšanas kompozītmateriāls tika atdzesēts līdz istabas temperatūrai. Dubultā virsmas pārklājuma biezums pēc laminēšanas bija 0.022 collas (0,56 cm). Kopīgais 3-kārtu un 5-kārtu saplākšņa kompozītu biezums bija 0,380 collas (0,97 cm) un 0,590 collas (1,50 cm).

Stiepes stiprības robeža paralēli saplākšņa virsmas finierējuma šķiedru virzienam bija par 18% augstāka, nekā tam perpendikulārā virzienā. Stiepes stiprība paralēli virsmas finierējuma šķiedrām 3-kārtu saplāksnim ar stikla šķiedras pārklājumu bija par 560% lielāka nekā saplāksnim bez šāda pārklājuma, bet elastības modulis (MOE)- par 70% augstāks (Evangelos Biblis and Carino Honorio, 2000).

- Horvātijā veikts pētījums (Kljak and Brezovic, 2007) par „sviestmaižu" tipa saplākšņa ar PVC (polivinilhlorīda) putu pildījumu struktūras ietekmi uz spriegumu veidošanos atsevišķos saplāksni veidojošajos finiera slāņos lieces slodzes iedarbības rezultātā. Plātnes virsmām izmantots 3-kārtu dižskābārža saplāksnis; kārtu biezums variēts, saglabājot nemainīgu kopējo biezumu. Visos variantos PVC putu pildījuma biezums bija nemainīgs; pildījums pie saplākšņa pielīmēts ar poliuretāna sveķiem. Veikta plātņu 3-dimensiju spriegumu *(Von Mises stress)* izkliedes testēšana. Secināts, ka saplākšņa kārtu biezuma dažādām kombinācijām ir nozīmīga ietekme uz „sviestmaižu" tipa plātņu lieces īpašībām un stingumu. Vislielākie *Von Mises* spriegumi rodas tad, kad saplākšņa finiera kārtām, kas novietotas ar šķiedrām paralēli slodzes virzienam, ir vismazākais biezums. Secināts arī, ka plātņu stingums var tikt palielināts, palielinot paralēli orientētu finiera kārtu kopējo biezumu (Kljak and Brezovic, 2007).

- Čehijā veikts pētījums (Hrázský and Král, 2007) par kombinētiem saplākšņa materiāliem. Rūpnieciskajos izmēģinājumos tika iegūti trīs veidu materiāli ar presēšanas palīdzību. Pirmais- ar stikla šķiedras kārtu (zem fenola filmas kārtas), otrs- ar korķa slāni vidū un trešais ar korķa slāni uz vienas ārējās puses un korķa slāni vidū. Tika pārbaudīta

lieces stiprība un elastības modulis, kas tika salīdzināts ar Multiplex laminēto saplākšņu kvalitātes rādītājiem. Ar stikla šķiedru armētā un Multiplex saplākšņu lieces stiprība testos būtiski neatšķirās. Stikla šķiedras izmantošanai netika novērota būtiska ietekme uz lieces stiprību un elastības moduli liecē, bet pētījuma autori pieļauj, ka stikla šķiedrai varētu būt labvēlīga ietekme uz materiāla nodilumizturību un izturību pret aizdegšanu. Kompozītmateriāliem ar korķa slāni visos testos korķa slānis tika sagrauts, neatsedzot līmes slāni. Tomēr šos materiālus tiek ierosināts izmantot tādās konstrukcijās, kur vēlama labāka skaņas izolācija, bet nepieciešamā elastība un izturība pret lieci var būt mazāka, kā, piemēram, auto un dzelzceļa transporta līdzekļu konstrukcijās. Saplāksnis ar korķa slāni virspusē var tikt izmantots līdzīgos pielietojumos, kur nepieciešama skaņas izolācija, piem., arī nelielu slodžu grīdu segumiem, tikai tas pirms tam vēl ir jāapstrādā ar īpašu pārklājumu. Materiāliem ar korķa slāni kopējais blīvums arī ir mazāks (Hrázský and Král, 2007).

- Patentā US 6124393 (2000) aprakstīta metode kompozītmateriāla ar uzlabotu cietību, nodilumizturību, triecienizturību, elastīguma īpašībām, ko var izmantot, piemēram, virsmas pārklāšanai, filmas vai lējumu veidošanai, iegūšana. Materiāls sastāv no fenola sveķu un metāla oksīda daļiņām. Metāla oksīda daļiņas ar izmēriem 0,01-5 mikrometri homogēni iestrādātas polimērā; neveidojas plaisas. Process metāla oksīda daļiņu iestrādāšanai nav vienkāršs- metāla (silīcija) alkoksīds (Silīcija alkoksīds $Si(OR)_4$ (kur R ir alkilgrupas $C_{1\text{-}4}$))tiek hidrolizēts, kam seko polikondensācija fenola sveķu šķīdumā un šķīdinātāja iztvaicēšana un metāla oksīda tālāka iestrādāšana sveķos. Kompozītmateriālā var iestrādāt arī citus materiālus – celulozes, stikla vai aramīda šķiedras vai pulveri.

Kompānija (patenta pasūtītājs) *Dainippon Ink and Chemicals* (Japāna) ražo dažādus polimērus un pārklājumus, tai skaitā ugunsizturīgus materiālus, piem., PPS, PBT.

- Patentā EP 1115606 B1 (2000) aprakstīta autobusu grīdas plātņu izgatavošana no viegla skaņu un siltumu izolējoša putu poliuretāna vidusslāņa, kas pārklāts no abām pusēm ar vajadzīgo stiprību nodrošinošām šķiedru kārtām un virsējām aizsargājošām kārtām. Aprakstīta iespēja iestiprināt plātnēs Al profilus un savienot vairākas šādas plātnes. Plātņu izgatavošanā koks nav izmantots. Nav aprakstītas izmantotās līmes.

- Patentā US 5863091 (1999) apskatīta treileru, kravas mašīnu u.c. transporta līdzekļu grīdas izgatavošana. Grīdas pamatslānis var būt veidots no koka, metāla vai citiem materiāliem. Tam apakšpusē pielīmēts šķiedru un/vai celulozes materiāla slānis, kas pasargā no nelabvēlīgiem laika apstākļiem. Līme var būt uretāna, poliestera, fenola, epoksīdu, fenolaralkil un rezorcīna sveķi, kam var pievienot plastifikatorus, liesmu slāpētājus, lubrikantus, minerālās pildvielas. Līmi var uzklāt ar praksē piemērojamu metodi- ruļļiem, iemērcot šķidra polimēra vannā, uzsmidzinot.

- Patentā US 5509715 (1996) aprakstīta kravas mašīnu, kuģu konteineru u.c. grīdas klājuma uzlabošana, apakšpusē piestiprinot mitrumu necaurlaidīgu materiālu. Īpaši paredzēts, lai materiāls tomēr laistu cauri mitruma tvaikus- elpotu, lai dotu iespēju grīdas segumam žūt, ja uz tā nonācis lietus, izkusis sniegs vai kāds cits šķidrums. Grīda pamatā veidota no koka dēļiem, kas veidoti no ar sāniem salīmētām koksnes strēmelēm. Zem dēļu kārtas piestiprina aizsargājošo materiālu. Tas var būt neausts materiāls, piem., uzpūstais (expanded) porainais politetrafluoretilēns, kas var būt veidots no vienas vai vairākām kārtām un katra kārta var būt no viena vai dažādiem materiāliem. Neaustie materiāli var būt arī poliolefīni– polietilēns, polipropilēns, kā arī poliesteris, neilons vai mākslīgais zīds. Minēti arī tirdzniecībā pazīstamie šo materiālu nosaukumi. Aizsargājošo slāni dēļiem var piestiprināt ar līmēm (uzskaitītas dažādas līmes) vai skavām. Līmējot nedrīkst noklāt visu virsmu, bet līme jāklāj punktveidīgi vai kā siets, lai nemazinātu materiāla tvaiku caurlaidību.

Lai uzlabotu līmes un plastmasas materiāla saistības spēju var tikt veikta iepriekšēja apstrāde gruntējot ar īpašiem sveķiem vai līmēm vai arī polimēra virsmu var apstrādāt ar elektrisko strāvu (corona discharge), ultravioleto starojumu, plazmas apstrādi, liesmu apstrādi u.c. ,kā teikts patentā, rūpniecībā pazīstamām metodēm.

- Patentā US 5730485 (1998) aprakstīta treileru u.c. kravas mašīnu grīdu izgatavošana. Nolūks – aizstāt ozolkoka dēļus ar lētākiem un pieejamākiem materiāliem, nezaudējot stiprību. Piedāvāti vairāki jaunās grīdas veidi atkarībā no šķērsgriezuma risinājuma, bet visiem kopīgs tas, ka grīdā tiek izmantoti atsevišķi elementi - dēļi, kas iegūti pildījuma materiālu (var būt koka dēļi, OSB, skaidu plate, strukturālo putu pildījums u.c.) ko-pultrūzijas ceļā apvelkot/aplīmējot no visām pusēm ar aizsargājošu šķiedru – plastmasas kompozītmateriālu. Pultrūzijas process aprakstīts nedaudz sīkāk. Apvilkšana (aplīmēšana) ar ārējo materiālu pasargā ne tikai no mehāniskas nolietošanās, mitruma u.c. vielu iedarbības, bet arī pildījuma materiālam nodrošina lielāku izmēru stabilitāti mainīgos apkārtējās vides apstākļos.

- Patentā US 2002/0050116 A1 (2002) aprakstīta treileru u.c. kravas mašīnu grīdu izgatavošana. Koka dēļi no apakšpuses pārklāti ar aizsargājošo termoplastisko (PVC uzrādīja vislabākos rezultātus) klājumu bez šķiedru armējuma, to pielīmējot ar epoksīdu vai reaktīvo uretāna hotmeltu līmi. Svarīga ir līmes viskozitātes kontrole, lai līme labāk iesūktos substrātā un būtu labāka adhēzija! Aizsargājošo pārklājumu var veidot no vairākiem slāņiem, sevišķi vietās, kur paredzama lielākā dilšana u.c. nelabvēlīga iedarbība.

- Materiālus transporta industrijai ražo uzņēmums Crane Composites / Kemlite Anglijā http://www.cranecomposites.com/Transportation/SPI.asp (varbūt var pasūtīt un izmēģināt salīdzināšanai):
  - „Kemlite Subpan”- smago transportlīdzekļu grīdu apakšējais aizsargājošais slānis no stikla šķiedras un plastmasas kompozītmateriāla. Izturīgs pret mitrumu, ķimikālijām.
  - „Kemlite Grip Master/Kemlite Gripstar Anti-Skid”- smago transportlīdzekļu grīdu pārklājums, kas veidots no ar stiklašķiedru armētas plastmasas- slīdamības, dilšanas samazināšanai.

- Patentā US 3788682 (1974) aprakstīta treilera sienu konstrukcija. Sienas izgatavotas no saplākšņa, kas pārklāts ar plastmasas- stikla šķiedras klājumu. Tā kā šīs sienu plātnes tiek aplīmētas ļoti augstā temperatūrā, nereti iekšienē starp saplāksni un pārklājumu veidojas gaisa burbuļi. Patentā aprakstīts, kā ar caurumu ieurbšanas palīdzību pildošajā materiālā – saplāksnī var samazināt vai novērst šo burbuļu veidošanos un uzlabot plastmasas pārklājuma saistību ar plātni.

- Patentā US 6699575 (2004) aprakstīta ēku būvniecībā izmantojamu koksnes (OSB, saplāksnis u.c.) plātņu izgatavošana ar šķiedru (var būt stikla, aramīda, oglekļa šķiedras vai to hibrīdi) armējumu, lai uzlabotu elastīgumu, stiprību un izturību pret dažādām dabas stihijām un novērstu plaisāšanu, kas rodas naglošanas rezultātā. Plātnē (iekšpusē vai ārpusē vai abējādi) iestrādātas šķiedru armējuma strēmeles (5-50% no plātnes virsmas laukuma)- dažādi risinājumi atkarībā no strēmeļu izvietojuma. Var tikt izmantotas dažādas piemērotas termocietējošas līmes- fenola, epoksīdu, vinilēstera, poliestera u.c. vai arī termokūstošās līmes; minētas vielas, kas var uzlabot saistību. Minēti konkrēti šķiedru materiāli, ko var izmantot (no Brunswick).

1.5.2.3 Plātņu pildījumi un virsmas no vieglas koksnes un citiem materiāliem

Elementiem, kas tiek slogoti uz lieci, centrālo kārtu var veidot no mazākas stiprības viegla svara pildījuma materiāliem, tādējādi iegūstot relatīvi vieglus plātņu materiālus, kam piemīt augta lieces stiprība un lieces elastības modulis. Šāda veida plātņu materiāliem reizēm ir apgrūtināta izmantošana, ja jāveic to montāža (Hrázský and Král, 2005).

Pildījuma materiāls var būt gan homogēns, gan arī ar tukšumiem visdažādākajās ģeometriskajās formās svara samazināšanai. Veidojot plātņu salikumu, ir jāveic aprēķini un pārbaudes, lai zinātu, līdz kādam līmenim šādā veidā pildījuma materiāla svaru var samazināt un kādam jābūt tukšumu ģeometriskajam izkārtojumam, lai netiktu zaudēta nepieciešamā stiprība, lai plātnes svara samazinājums nebūtu lielāks par tā stiprības samazinājumu. Piemēram, patentā US 4343846 (1982) izstrādāta sendvičplātne ar balsa koksnes pildījumu, kurā speciāli iespiesti caurumi svara samazināšanai. Pildījumu var laminēt ar jebkura materiāla virsmām- alumīnija, stikla šķiedras, nerūsējošā tērauda, koka- atkarībā no paredzētā pielietojuma (Kohn, 1982). Arī patentā US 1951983 (1934) aprakstīta plātnes izgatavošana no pamīšus laminētām homogēnām un perforētām (caurumotām) koksnes kārtām. Materiālā starp koksnes kārtām ielīmēti arī siltumu atstarojoši plāni metāla folijas slāņi mitruma un termiskai izolācijai (Platts, 1931).

1.5.2.3.1 Balsa koka koksnes pildījumi

Koksnes plātņu iekšpuses pildījumam ne reti izmanto balsa koka *(Ochroma pyramidale* jeb *O. lagopus)* koksni, kas līmēta ar šķiedru galiem pret plātņu virsmām *(angl. - end grain balsa).* Balsa koksnes pildījums ir sevišķi viegls- tās blīvums 100–200 $kg \cdot m^{-3}$, turklāt sendvičtipa pplātnei piešķirtā stiprība un stingums ir iespaidīgi, laba ir arī izmēru noturība. Balsa koksnes šķiedru orientācija būvmateriālu plātnēm dod izturību pret triecieniem un saspiešanu, izturību pret saplīšanu. Plātnēm, kas pildītas ar šo materiālu ir arī īpaša spēja izturēt dinamiskas slodzes un ir augsta ilgizturība. Ilgu laiku šis materiāls netika lietots plātnēs, kuriem bija svarīgs īpaši viegls svars, jo bija pieejami putu materiāli ar mazāku blīvumu. Tagad, pateicoties rūpīgai selekcijai un īpašu augšanas apstākļu nodrošināšanai, balsa koksnes pildījums var konkurēt gan svara ziņā, gan arī dot nepieciešamo stingumu, stiprību, īpaši pielietojumos, kur nepieciešama izturība pret lokāliem triecieniem un saspiešanu, kā, piemēram, grīdu segumiem dzelzceļa vagonos, kuģu konteineros, kravas mašīnās, durvju, starpsienu izgatavošanai, aviotransportā, ēku būvniecībā. Balsa koksnes priekšrocība ir arī tā, ka tā ir atjaunojamais resurss. No iesēšanas līdz nobriedušа koka vecumam balsa koks izaug 4-6 gados, sasniedzot aptuveni 25 m garumu. To audzē ekvatoriālajos apvidos, piem. Ekvadorā. Balsa koksnes pildījumam piemīt arī labas akustiskās un termiskās izolācijas spējas. Balsa koka materiālus plātnēm izplata, piemēram, uzņēmums Nida-Core (BalsaLite)[17].

1.5.2.3.2 Koksnes un plastmasu kompozītmateriālu izmantošana strukturālo plātņu konstrukcijās

Arvien vairāk pasaulē tiek stimulēta dažādu koksnes un plastmasu atlikumproduktu otrreizējā pārstrāde un cietkoksnes izmantošanas samazināšana, ražojot koksnes-plastmasu kompozītmateriālus dažādiem pielietojumiem.

Attiecībā uz koksnes (samalcinātas) un dabīgo šķiedru- plastmasu kompozītiem, ko pamatā ražo no koksnes miltiem un termokūstošajām vai termoreaktīvajām plastmasām ar dažādām piedevām, tie jau ir plaši izplatīti ārpustelpu grīdu segumos, durvju un logu, margu un žogu elementos, izmanto arī sienu apdarē, sijām, caurulēm un tiek mēģināts arvien vairāk uzlabot to īpašības, lai šos kompozītus varētu izmantot arī paaugstinātas

17 http://www.nida-core.com, skat. internetā 28.06.2008.

stiprības slodzi nesošos elementos- piemēram, industriālajos grīdu segumos, celtņu pamatos. Arī kuģu būves vajadzībām un citiem pielietojumiem mitros apstākļos ir pieprasījums pēc pietiekami stipriem, izturīgiem, pievilcīgas cenas un videi labvēlīgiem materiāliem. Kuģniecībā cīņa ar jūras grauzējiem (ķirmju u.c. populācijas), kas bojā kuģu un laivu korpusu koka daļas, ir svarīgs jautājums. Ķīmiski apstrādātas koksnes izmantošana ekoloģiskā ziņā nav tik labvēlīga, tādēļ tiek meklēti risinājumi jaunu kompozītmateriālu izstrādē, kurā ieinteresēti gan koksnes, gan plastmasu ražotāji (Andersons 2007) (Bureau et. al., 2004).

Pēdējos gados tiek mēģināts dažos pielietojumos arī samazināt koksnes- plastmasu kompozītmateriālu svaru ar putu palīdzību, kā arī ar konstruktīviem paņēmieniem, ražojot slodzi nesošas daļas ar kompleksiem šķērsgriezumiem. Jaunās tehnoloģijas sevī glabā lielas koksnes - plastmasas kompozītmateriālu tirgus paplašināšanas iespējas, tādēļ tiek paredzēts, ka pieaugs izmaksas šo produktu izpētes un attīstīšanas veicināšanai un kapitālieguldījumi to ražošanas uzsākšanai[18] (Koksnes kompozītmateriālu lietojuma iespējas, 2006).

Būvniecībā izmantojamu plātņu materiālu ražošana no finiera kārtām un lignocelulozes (zāģu skaidu, slīpēšanas putekļu, koksnes miltu) vai līdzīgu biomasas daļiņu (salmi, kūdra, cukurniedru izspaidas, kokosriekstu čaumalas un arī pārtikas rūpniecības atlikumi) materiāliem aprakstīta US patentā 4569873 (1986.g.). Biomasas daļiņas var tikt saistītas ar 5-10% piemērotas saistvielas, kā, piemēram, fenola-formaldehīda, melamīna-formaldehīda sveķiem vai organisko poliizocianātu polimēru. Stiprības palielināšanai biomasas materiāls var tikt sajaukts, piemēram, ar stikla šķiedrām (Robbins, 1986).

Arī tiek domāts par kravas autotransporta grīdas segumu ražošanu no šiem daļēji sintētiskajiem materiāliem. Kaut arī tie ir izturīgāki pret mitrumu, insektu iedarbību, bojāšanos, tiem ir lielāks svars un zemākas mehāniskās īpašības kā cietkoksnei. Kā risinājums tiek piedāvāts izmantot koksnes-plastmasu ekstrudētus vai pultrūzijas ceļā iegūtus profilus vai nesošos elementus, kuri sastāv no celulozes šķiedru- termoplastisko polimēru kompozītiem, kas ir saistīti ar termocietējošo plastmasu un šķiedru armējumu, lai uzlabotu to mehāniskās īpašības, kā stiprību un stingrību. Kā piemēru var minēt ASV patentu US Pat. 6007656 (1999) (Heikkila Kurt and Garofalo, 1999).

Tomēr nesošo elementu profilēšana ar sarežģītām iekšējām struktūrām (C-kanāla, I-sijas, V-kanāla u.t.t. formas) kaut arī jūtami paaugstina, tomēr nenodrošina pietiekamu stiprību. Termoplastisko polimēru pildījumu no ārpuses armējot ar termocietējošo plastmasu- šķiedru armējumu, ir grūtības, kas saistītas ar materiālu adhēziju un rezultātā izmantojamo termoplastisko un termocietējošo polimēru skaits ir ierobežots. Piemēram, termoplastiskie poliolefīnu polimēri, tādi kā polipropilēns un polietilēns parasti tiek lietoti pamatojoties uz cenas, ražošanas un izpildījuma apsvērumiem, bet tie ir ķīmiski inerti un tādēļ ar termocietējošām plastmasām to adhēzija ir apgrūtināta. Patentā US 2004/0191441 A1 (2004) (Bureau, 2004) tiek piedāvāta tehnoloģija paaugstinātas īpatnējās stiprības plātņu izgatavošanai. Plātnes sastāv no koksnes šķiedru (daļiņu) un termoplastisko polimēru kompozītmateriāla vidusdaļas un ar šķiedrām armētiem termocietējošo plastmasu klājumiem plātnes virspusē un apakšpusē. Piedāvāta arī šo materiālu sakausēšanas iekārtas shēma. Vidusdaļas materiālā ar ekstrūzijas vai pultrūzijas paņēmienu tiek izveidoti dobumi (var būt dažādas formas- kvadrātveida, trīsstūrveida un cilindrveida kanāli u.c.), līdz ar to samazināts materiāla svars. Salīdzinot ar plātni, kas veidots no cietas koksnes pildījuma ar armējumu plātnes virspusē un apakšpusē, šī plātne ar tādu pašu virsmas armējumu, bet dobumiem pildīto termokūstošo plastmasas-koksnes kompozītu vidusdaļā, ir gan vieglāks, gan stiprāks, gan lētāks.

Virsējam un apakšējam pārklājumam var izmantot tādus polimēru materiālus, ko iespējams termiski aktivēt (sakausējot vai sametinot), lai izveidotu ķīmiskās vai fizikālās saites ar vidusdaļas materiālu. Polimērs var tikt arī uzlabots ar šķiedrām, pildvielām u.tml. Nesošais (vidus) elements var saturēt vismaz daļēji to pašu polimēru vai materiālu, kas ir

18 http://www.forestprod.org/Mar06feature.pdf, skat. internetā 05.06.2008.

savienojams vai viegli sajaucams ar pārklājuma slāņu materiāliem. Vidusdaļas strukturālā elementa izgatavošanai var tikt izvēlēti dažādi materiāli un to sajaukumi atkarībā no nepieciešamajām mehāniskajām īpašībām. Materiālu struktūra arī var būt visdažādākā- cieta, poraina, putu, šūnveida (meduskāru) (Bureau, 2004).

Lai samazinātu koksnes- plastmasu kompozītmateriālu svaru kā pildvielu porainas struktūras iegūšanai, var izmantot arī mikrosfēras, kuras dēļ savas dobās uzbūves ne tikai samazina materiāla svaru, bet, atkarībā no markas, tās var būt arī pietiekami izturīgas pret mehānisko iedarbību- saspiešanu, triecieniem u.t.t. Šādu materiālu var izmantot kā pildījumu slodzi nesošās plātnēs[19].

Pasaulē tiek meklēti risinājumi arī dažādu citu atkritumproduktu otrreizējai izmantošanai plātņu ražošanā. Patentā US 6821595 B2 (2004) apskatītas finiera vai citu koksnes materiālu (piemēram, skaidu plašu u.c. uz koksnes atkritumu bāzes) kārtu pamīšus līmēšana ar plastmasu, nolietotu riepu, metāla (alumīnija, skārda) atkritumproduktu materiāliem. Šie materiāli var tikt izvēlēti ar nolūku, piemēram, tādi, kuriem ir laba formas atmiņa un elastīgums vai kuru slāņi plātnēs ļauj izveidot kanālus gaisa vai šķidrumu caurplūšanai (Murcia and Hess, 2004).

1.5.2.3.3 Koksnes materiāli ar samazinātu mitruma saistīšanas spēju

Koksnes materiālu svaru, sevišķi mitros apstākļos, var samazināt, īpašu uzmanību pievēršot koksnes mitruma absorbcijai- lai koksne būtu vieglāka, jācenšas panākt, lai tā pēc iespējas mazāk saistītu mitrumu. To var panākt ar dažādiem apdares materiāliem – vaskiem, sveķiem, asfaltu, kas samazina materiāla virsmas enerģiju un dara to hidrofobu (Wood handbook, 1999).

Kanādas uzņēmums Ainsworth Lumber Co (www.ainsworth.ca) ražo lielas noslodzes autofurgonu grīdas segumu **„Transdeck"** no stipras, blīvas duglāzijas koksnes finieriem, tos salīmējot ar ūdensizturīgo fenola sveķu līmi. Materiāls ir par aptuveni 272 kg vieglāks par tāda paša biezuma parasto apitong (mahagonijas jeb sarkankoka) tipa klājumu, bet mitros apstākļos vēl vairāk- par 680 kg vieglāks, jo ir novērsta materiāla ūdens absorbcija, tādēļ, ka materiāls ir apstrādāts ar ūdeni aizsargājošu pārklājumu. Materiāls ir arī ļoti stings un izturīgs pret triecieniem. Materiāla virspuse ir iegofrēta, tādējādi novēršot slīdēšanu, arī mitrumā. „Transdeck" ir izturīgs pret abrāziju un skābēm[20].

1.5.2.3.4 Šūnveida, putu un izolācijas materiālu pildījumi

Sendvičtipa plātnes ir plātnes ar viegla svara, mazas stiprības un stinguma pildījuma materiālu, kuru aizsargā virsmas, kas ir ar daudz lielāku stiprību un stingumu, bet krietni plānākas kā pildījums. Pildījums parasti ir šūnveida, putu veida. Dažreiz arī virsmām nepiemīt liela stiprība un stingrība, bet virsmas un pildījumu kombinējot, šīs īpašības tiek uzlabotas. Pildījuma galvenā funkcija ir stabilizēt virsmas, jo tās uzņem lielāko slodzi un piešķirt tām stingumu, saistot plātni vienotā struktūrā, piešķirot izturību pret deformācijām, reizēm arī palielinātu termisko izolāciju (Askeland, 1996) (Bodig and Jayne, 1993).

Putu pildījumi var būt no polivinilhlorīda, uretāna, polistirola, poliuretāna u.c. Kā pildījuma materiālus plātnēs vēl izmanto minerālvati, putu polipropilēnu, ekstrudētās plastmasas, izolācijas dēļus, uguni aizturošus materiālus. Šūnveida pildījumi var būt veidoti visdažādākajās ģeometriskajās formās, piemēram, kā meduskāres ar sešstūra, kvadrāta, taisnstūra, sinusoidālu formu, un izgatavoti no dažādiem materiāliem- alumīnija, aramīda šķiedrām, polipropilēna, papīra, nerūsošā tērauda, stikla šķiedras, oglekļa

19 ttp://www.ainsworth.ca/, skat. internetā 27.07.2008.
20 Microspheres: Fillers Filled With Possibilities. http://www.compositesworld.com/ct/issues/2008/April/112795, skat. internetā 02.06. 2008.

šķiedrām. Izmantojot šādus pildījumus, tiek ievērojami samazināts kompozītmateriālu svars[21, 22.]

Šūnveida konstrukcijas var pildīt arī ar putām vai stikla šķiedrām, lai piešķirtu labas skaņas un vibrāciju absorbcijas spējas. Piemēram, uzņēmumā Nida-core tiek izstrādāts jauns „zaļais" produkts- ar sojas putām pildīta šūnveida (meduskāru) struktūra plātņu pildījumam. Putu pildījumu kombinējot ar šūnveida struktūru tiek panākts lielāks materiāla stingums, labāka izturība pret lieci un bīdi[23]. Putu materiālus var arī armēt ar koksnes šķiedrām. Veidojas ļoti viegli un izturīgi putu materiāli ar blīvu ārējo slāni un ļoti zemu ūdens uzsūkšanas spēju. Latvijā šis pētījumu virziens attīstās un ir ļoti perspektīvs, jo kokapstrādes atlikumi ik gadus rodas ļoti lielos daudzumos (Kajaks , 2004).

Plātnes ar stingrām virsmām, bet kuri pildīti ar vieglu putu materiālu, sauc arī par *„stressed skin panels"* plātnēm. Putu materiāls var būt ielīmēts vienkārši starp cietajām virsmām (piemēram**,** R-Tight® plātnes ar OSB virsmām un putu polistirola vai poliizocianurāta putu pildījumu)[24], bet var būt arī dažādas karkasa konstrukcijas pildījuma ievietošanai[25].

1.5.2.3.5 Mikrosfēras

No daudzajiem pildvielu materiāliem, kas nu ir pieejami kompozītu ražotājiem, mikrosfēras ir visdaudzpusīgākais materiāls. Tās ir mazas, dobjas lodītes, kas pirmajā acu uzmetienā izskatās kā smalks pulveris. To diametrs var būt 12-300 µm (salīdzinājumam: cilvēka mata diametrs ir aptuveni 75 µm). Tās var izmantot dažādu galaprodukta īpašību iegūšanai: zems blīvums, uzlabota izmēru stabilitāte, palielināta triecienizturība, gludāks virsmas klājums, lielāka siltumizolācijas spēja, vieglāka apstrāde, izmaksu ietaupījumi. Kompozītmateriālu ražotāji vienlaicīgi var izmatot ne tikai vienu vai divas, bet vairākas mikrosfēru īpašības. Mikrosfēras var tikt lietotas visās standarttehnoloģijās termocietējošo un termoplastisko kompozītmateriālu ražošanā. Tās rod pielietojumu visatšķirīgākajās nozarēs, kā koka mēbeļu un kokmateriālu ražošana, ar stikla šķiedru armēti pildošie materiāli, automobiļu bremžu komponenti un sintaktiskās putas. Ir ne viens vien mikrosfēru ražotājs un to produkcija ir ļoti dažāda, jo katrs ražotājs ir izstrādājis individuālas tehnoloģijas, atšķiras arī to ķīmiskais sastāvs, sieniņu biezums, daļiņu lielums un forma, kas ietekmē iegūtā materiāla īpašības.

Lielākā daļa mikrosfēru, ko parasti izmanto kompozītu ražošanā, ir ar tukšu vidu un ir divi to veidi- stikla vai plastmasas:

- stikla mikrosfēras ražo vai nu no nātrija, kaļķa un borsilikāta vai no dabiska vulkāniskas izcelsmes stikla– perlīta, apstrādē lietojot ļoti augstas temperatūras. Tās ir spējīgas izturēt lielu spiedienu, triecienu, nesalūstot un nezaudējot mazo blīvumu;
- plastmasas mikrosfēras, kaut arī tām ir mazāka izturība pret saspiešanu, sniedz daudz līdzīgu priekšrocību, kā stingrās stikla mikrosfēras un ir viena no vieglākajām pieejamajām pildvielām. Tās galvenokārt tiek lietotas uzsmidzinot ar šķiedrām armētiem termocietējošiem kompozītiem, kā arī ekstrūzijā; jāuzmanās vienīgi ar temperatūras režīmu– tā nedrīkst pārsniegt 191°C. Tādēļ inžekcijas liešanas paņēmiens ir izaicinošs, bet nav neiespējams. Interesanta plastmasas mikrosfēru īpašība ir to spēja izplesties paaugstinātā temperatūrā. Piemēram, uzņēmuma Expancel ražotās mikrosfēras 551 DU 40 tiek piegādātas sausā, neizplestā formā, bet apstrādes temperatūrai sasniedzot 139- 147°C, tās izplešas līdz maksimālajam lielumam (10-16 µm);
- mikrosfēras no fenola un amino savienojumiem. Iegūtais materiāls ir pret degšanu izturīga, halogēnus nesaturoša, liesmas slāpējoša pildviela ar daudz mazāku masu, kā citas uguni aizturošas pildvielas, kā, piemēram, alumīnija trihidrāts;

21 Design and Fabrication of Plywood Sandwich Panels. APA The Engineered Wood Association.
22 http://www.cattcousa.com/wood.htm
23 http://www.nida-core.com
24 http://www.rtight.com/, skat. internetā 14.06.2008.
25 Design And Fabrication Of Plywood Stressed - Skin Panels. APA, http://www.gp.com/BUILD/DocumentViewer.aspx?repository=BP&elementid=3815*, skat. internetā 12.08.2008.*

- mikrosfēras ar īpaši mazu blīvumu. Tās ir termoplastiskās izplešamās mikrosfēras, kuras nesen sāka ražot Expancel. To sieniņas ir ļoti plānas (sastāv no kopolimēra, kā vinilidēnhlorīds, akrilonitrils vai metilmetakrilāts) un ieslēdz sevī izplešanās aģentu (parasti izobutēnu vai izopentānu). Sildot apvalks pakāpeniski kļūst mīkstāks un šķidrā viela mikrosfēras iekšienē pāriet gāzveida stāvoklī un izplešas. Kad siltuma padeve tiek pārtraukta, apvalks pamazām sacietē un mikrosfēras saglabā savu jauno, izplesto formu. Izplešanās temperatūras var būt no 80°C līdz 190°C atkarībā no markas. Termiski izpletušos mikrosfēru lielums var būt no 20 µm līdz 150 µm atkarībā no markas. Pilnīgi izplešoties, mikrosfēru lielums palielinās vairāk kā 40 reižu.

Atšķirībā no stikla izgatavotajām, plastmasas mikrosfēras ir daudz mazāk trauslas. Pārmērīga spiediena ietekmē tās var tikt saplacinātas nesaplaisājot. Kad spiediens samazinās, tās atgūst iepriekšējo formu.

Expancel piedāvā mikrosfēras gan izplestā, gan neizplestā formā. Neizplestās mikrosfēras var tikt izplestas uz vietas kompozītmateriālu ražotnē. Tās sekmīgi izmanto kā poru veidojošas vielas koka– plastmasas kompozītos. Pateicoties tam, ka materiālā rodas mikrosfēru gaisa pūslīši, materiāla svars var tikt samazināts par 5-30 procentiem un materiāla iekšējā struktūra kļūst vairāk līdzīga koksnei, samazinās materiāla pretestība zāģēšanai un urbšanai. Mafs Ahmads, Expancel biznesa menedžeris, apgalvo, ka 20-30% koksni saturošam kompozītmateriālam pievienojot 3% (pēc svara) termoplastisko mikrosfēru, tā blīvums samazinās par 38%.

Kaut arī plastmasas mikrosfēras neplaisā un tādēļ ir piemērotas liela ātruma maisīšanai un izsmidzināšanai, tās ir jūtīgākas nekā stikla mikrosfēras pret karstuma ietekmi un ķīmisko vielu iedarbību. Tādēļ materiāla izvēlē jāvadās no ražošanas procesa īpatnībām un materiālu paredzamā gala pielietojuma.

Mikrosfēru blīvums un triecienizturība ir atkarīgi no to sieniņu biezuma un daļiņu lieluma. Piemēram, stikla mikrosfēras ar blīvumu 0,125 $g \cdot cm^{-3}$ spēj izturēt 1,8 MPa spiedienu, bet mikrosfēras ar blīvumu 0,60 $g \cdot cm^{-3}$ spēj izturēt 124 MPa spiedienu.

Sieniņu biezums ir galvenais, bet ne vienīgais faktors, kas nosaka mikrosfēru blīvumu un izturību. Parasti- jo biezākas sieniņas, jo izturīgāks materiāls. Tomēr izturību ietekmē arī materiāla ķīmiskais sastāvs un ieguves process, kā arī lodīšu lielums. Mazākās mikrosfēras ir izturīgākas pret liela ātruma mehānisko iedarbību.

Apaļās formas dēļ mikrosfērām, salīdzinot ar neregulāras formas daļiņu minerālajām pildvielām, ir mazāks kopējais virsmas laukums, līdz ar to, tās pievienojot, tik spēcīgi nepalielinās vielu, piemēram, sveķu viskozitāte. Tas ļauj iegūt materiālus ar lielāku sausnas saturu, daudz mazāk ietekmējot to viskozitāti un plūsmas īpašības.

Mikrosfēras izmanto arī ar šķiedrām pildītu materiālu nehomogēno īpašību, kā savērpšanās (to orientācijas dēļ materiālu plūšanas procesā) mazināšanai. Mikrosfērām nepiemīt šāda orientācija kādā virzienā, tāpēc spriegumi ir vienmērīgāk izkliedēti, uzlabojot gan materiālu stiprību, gan dimensionālo stabilitāti.

Mikrosfēras arī uzlabo materiālu liešanas procesu sarežģītu konstrukciju formās. Tas paātrina gan pašu ražošanas ciklu, gan ļauj pielietot zemākas liešanas temperatūras un zemāku inžekcijas spiedienu, nekā tad, ja materiālos tiek izmantotas minerālās pildvielas. Ne mazāk svarīgi arī ir tas, ka mikrosfēras saīsina sildīšanas un dzesēšanas procesus formu lietuvēs, jo mikrosfēras ir dobjas (tukšas) un kopējā materiāla masa ir mazāka. Tas ļauj palielināt ražošanas ātrumu.

Pateicoties mikrosfēru regulārajai apaļajai formai, var tikt uzlabota arī materiālu virsmas kvalitāte. Piemēram, kāds automobiļu daļu ražotājs ieguva daudz stiprāku un homogēnāku ārējo pārklājumu nekā agrāk, kad pārklājuma materiālā izmantoja tikai smalcinātu stikla šķiedru. Pievienojot mikrosfēru daļiņas, tās atšķirībā no stikla šķiedras daļiņām, kurām bija tendence uzpeldēt virspusē, daudz vienmērīgāk izkliedējās pārklājuma slānī un ļāva iegūt nepieciešamo materiāla virsmas stingrumu.

Mikrosfēru cena ievērojami atšķiras atkarībā gan no to materiāla, gan blīvuma, stiprības, iegādājamā daudzuma, ražošanas procesa izmaksām. Piemēram, Expancel mikrosfēru cenu līmenis ir sākot ar 5$ līdz 30$ par mārciņu atkarībā no markas un daudzuma. Parasti augstas stiprības stikla mikrosfēras maksā 2 līdz 3 reizes vairāk nekā smalcinātā stikla šķiedra, tomēr, piemēram, kompānijas 3M produkta iM30K cena ir ievērojami zemāka, jo kompānija ir izstrādājusi īpašu ražošanas tehnoloģiju. Salīdzinot produktu cenas, ir svarīgi pārrēķināt mikrosfēru cenu attiecībā uz tilpumu, jo daudzas mikrosfēras tiek pārdotas pēc svara. Tas pārliecina par izmaksu efektivitāti, izmantojot mikrosfēras.

Mikrosfēru virsmas apstrāde, īpaši pārklājumi arī ietekmē to cenu, taču ļauj iegūt dažādas vēlamās produktu īpašības, piemēram, dielektriskās, termiskās, magnētiskās īpašības, fluorescenci, optimālu strāvas vadāmību vai uzlabotu saistību ar matrici. Kā piemēru var minēt uzņēmumu Microsphere Technology Ltd. Skotijā, kas specializējas mikrosfēru pārklāšanā ar pigmentiem un metāliem (alumīniju, varu, sudrabu, nerūsējošo tēraudu, platīnu, zeltu, cinku) īpašiem pielietojumiem. Arī variējot pārklājuma biezumu, var panākt vēlamās daļiņu

Kaut arī stikla un plastmasas mikrosfēras ir visplašāk izplatītās kompozītu ražošanā, tās nav vienīgie materiāli, ko izmanto mikrosfēru ražošanā. Krāsās un citos virsmas pārklājumos lieto:

- Cenosfēras- zema blīvuma, tukša vidus, brīvi plūstošas alumo-silikātu mikrosfēras.
- Keramikas mikrosfēras- lieto sintaktiskajās putās, krāsās un virsmas pārklājumos;
- Oglekļa mikrosfēras var iegūt karbonizējot fenola mikrosfēras vai apstrādājot darvu; viens no pielietojumiem ir oglekļa mikrofonos pateicoties to gludajai virsmai, mobilitātei un plānajām sieniņām, kas ļauj tām būt jūtīgām pret skaņas deformāciju.
- Mikrosfēru kompozīti ar metāliem. Pašreiz ir pieejamas alumīnija un vara/ sudraba mikrosfēras. Uzņēmumi nemitīgi eksperimentē, sajaucot mikrosfēras ar dažādām īpašībām, kas paver bezgala daudz iespēju iegūt materiālus ar ļoti specifiskām īpašībām.
- Masīvās (bez tukšuma vidū) stikla mikrosfēras (sauktas par stikla krellēm) plaši tiek lietotas kā sveķu pildvielas. Kaut arī tām nav mazs blīvums, kā dobjajām mikrosfērām, tās var uzlabot fizikālās īpašības, piemēram, plastmasu stiprību, samazinot to rukšanu vai savērpšanos.

Mikrosfēras lieto arī sintaktiskajās putās. Sintaktiskajām putām ir augsta kompresijas stiprība attiecībā pret to svaru. Kompresijas jeb saspiežamības īpašības nosaka mikrosfēras, bet stiepjamību– matrices materiāls. Sintaktiskās putas tiek izmantotas vieglsvara plātņu ražošanā jūras transportam, kosmiskās aviācijas rūpniecībai, sprādziena viļņu mīkstinošos materiālos[26, 27].

---

26 Microspheres: Fillers Filled With Possibilities. http://www.compositesworld.com/ct/issues/2008/April/112795, skat. internetā 02.06. 2008.
27 Zweben C., Stronger and Lighter — Composites Make Their Mark, Edited by Hoffman J. M., Original Publish Date : skat. internetā 17.03.2008. http://machinedesign.com/ContentItem/72289/StrongerandLighterCompositesMakeTheirMark.aspx, skat. internetā 05.05.2008.

Trīsdimensiju koksnes plātnes

Trīs dimensiju plātnes plaši pazīstamas un ir pielietotas kokapstrādes nozares galveno konkurentu vidū– plastmasas un metāla industrijā, kur tās izmanto vieglu plātņu ražošanā, tādejādi samazinot izstrādājumu svaru. Ņemot vērā kokapstrādes nozares attīstību un tendences trīs dimensiju koksnes plātņu ražošana ieviešana sniegtu sekojošus labumus.

Trīs dimensiju plātņu ražošanas pozitīvie momenti:

- samazinās izejmateriālu patēriņš;
- ir iespējams pielietot zemākas kvalitātes materiālu (ja plātnes tiek ražotas no sasmalcinātas koksnes– skaidām, šķiedr;am utt.);
- var mazināties līmvielas patēriņš.

Trīs dimensiju plātņu ražošanas negatīvie momenti:

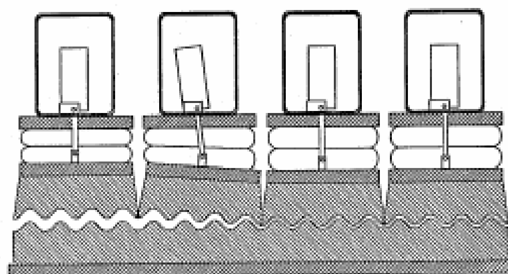
- var palielināties līmvielas patēriņš, gadījumā ja - kokskaidu vai kokšķiedru trīs dimensijas plātnes aizstāj masīvkoka vai saplākšņa plātnes;
- sarežģīts ražošanas process– augstas ražošanas izmaksas.

Trīs dimensiju plātņu pielietošana prasa precīzi apzināties pielietojuma sfērā esošās prasības, kā arī jāņem vēra, ka izstrādājot jaunu materiālu tā īpašības mainās un pastāv iespēja, ka materiāls izpilda visas prasības, kas ir uzstādītas līdz šim izmantotam materiālam taču ir mainījusies kāda būtiska īpašība, kas līdz šim izmantojamam materiālām bijusi pašsaprotama un tādejādi var „piemirst" to izvērtēt jaunajam materiālam.

Viens no galvenajiem trūkumiem trīs dimensiju plātņu ražošanā ir sarežģītais ražošanas process. Izgatavojot trīs dimensiju liekti līmētās saplākšņa detaļas darbojos virkne ierobežojumu:

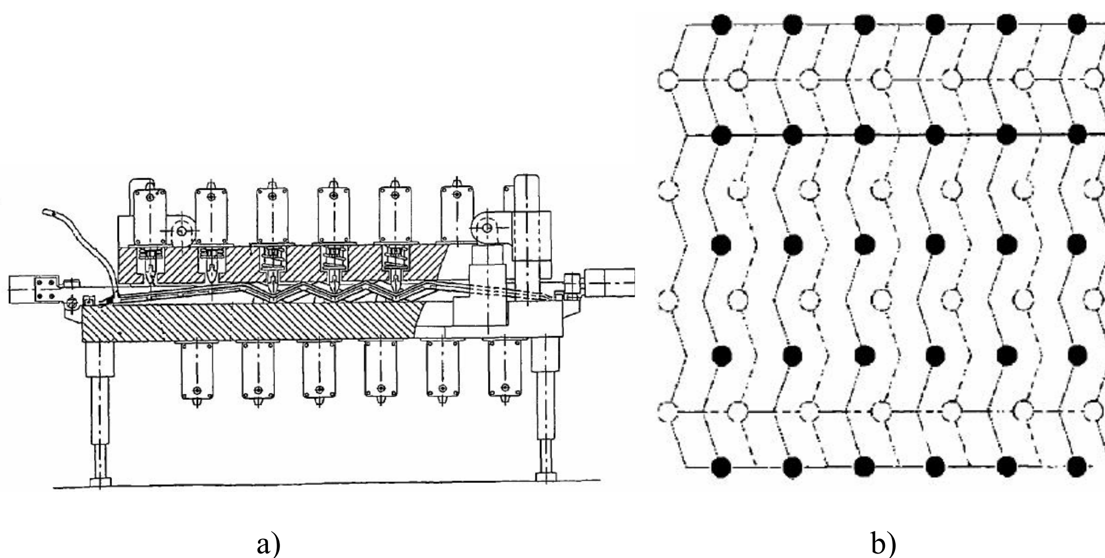
- liekuma rādiuss;
- finieru biezums un šķiedru orientācija;
- gatavās detaļas forma un izmēri;
- u.c.

ASV patenti 4816103 un 4943339 apraksta trīs dimensiju saplākšņa ražošanas paņēmienu un iekārtas. Prese sastāv no vairākām sekcijām, tādejādi novērsta finieru iespiešana un nodrošināta to pakāpeniska ievilkšana. Papildus autori piedāvā virs finieriem novietot stikla šķiedras audumu, lai uzlabotu finieru pakas slīdēšanu gar preses plātnēm. Stikla šķiedras audumu iespējams aizvietot ar teflonu vai grafīta pulveri. Preses principiālā shēma attēlota attēlā 1.22.



1.21. att. Liekti līmētā saplākšņa ražošana shēma, ASV patents Nr. 4816103 un 4943339.

Akishev et al. (ASV patents Nr 742917) piedāvā iekārtu plātņu materiālu liekšanai. Šīs iekārtas principiālā shēma attēlota attēlā 1.22.



a) b)

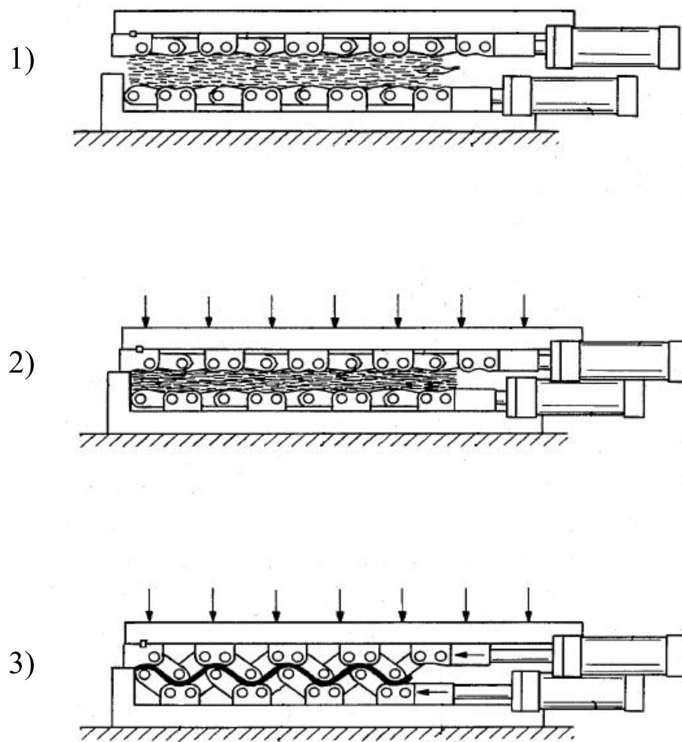
1.22. att. Plātņu materiālu liekšanas iekārtas principiālā shēma, ASV patents Nr. 742917:

a) Slogojuma galvu izvietojums; b) Slogojuma galvu izvietojums

○ augšējā slogojuma galva; ● apakšējā slogojuma galva.

Trīs dimensiju plātņu ražošana izmantojot sasmalcinātu koksni ir vienkāršāk realizējama. Šādas plātnes var ražot ar ekstrūzijas paņēmienu vai presējot dažādās presformās.

Bach un Stark patentējuši iekārtu viļņotas koksnes daļiņu plātne ražošanai (ASV patents Nr 4616991 un 5000673). Preses plātnes izveidotas tā, lai tās varētu veidot divu veidu virsmas– līdzenu plakni, kuru mehāniski var pārveidot par viļņotu (skat. att.1.23).

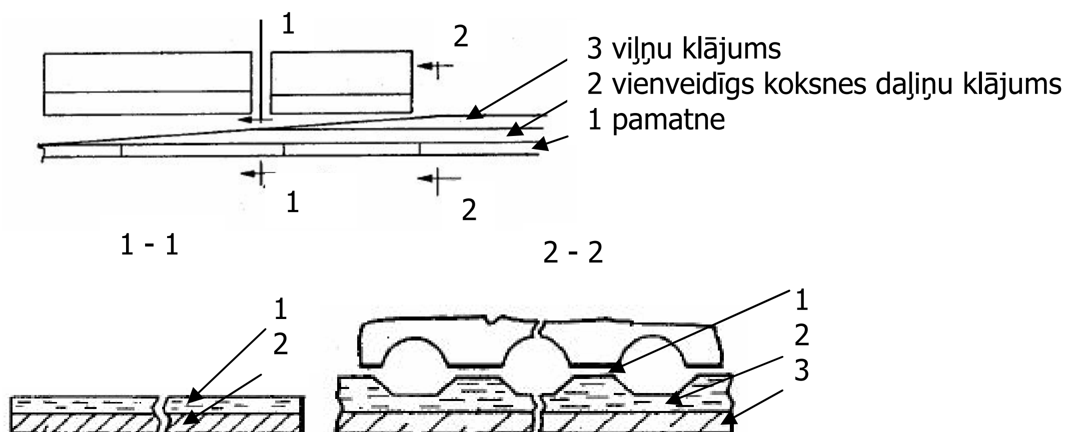


1.23. att. Viļņotas koksnes daļiņu plātnes ražošana shēma, ASV patents Nr. 4616991 un Nr 5000673:

1) koksnes daļiņas sajauktas ar saistvielu ievieto starp presplātnēm. Presplātņu virsma- plakne; 2) Izveidojušos koksnes daļiņu klājumu daļēji formē sapresējot; 3) Koksnes daļiņu klājumam piedod viļņveida konfigurāciju. Presplātņu virsma- viļveida. Karstuma un spiediena ietekmē notiek līmvielas sacietēšana un plātnes galīgā formēšanās.

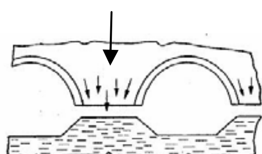
Citu ceļu gājuši Lau un Knudson (ASV patents Nr 4904517). Viņi piedāvā izgatavot koksnes daļiņu plātni, kurai viena plakne būtu plakana, bet otra viļņota (skat. 1.24 att.). Plātnes izgatavošanas procesu nosacīti var iedalīt trīs daļās:

- Koksnes daļiņu un saistvielas klājuma veidošana.
- Uz izveidotā klājuma, ar nosacītu intervālu, uznes papildus koksnes daļiņu un saistvielas kārtu, veidojot augšējo plakni viļņveida.
- Klājuma presēšana.

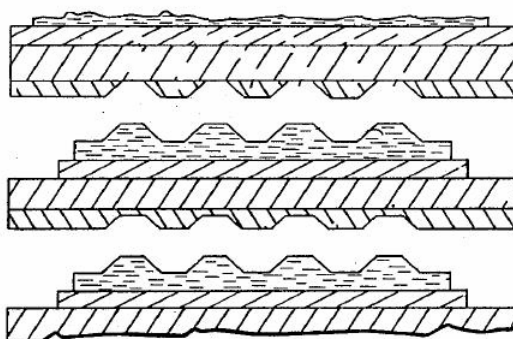


a) Klājuma veidošanas princips

Koksnes daļiņu plūsma



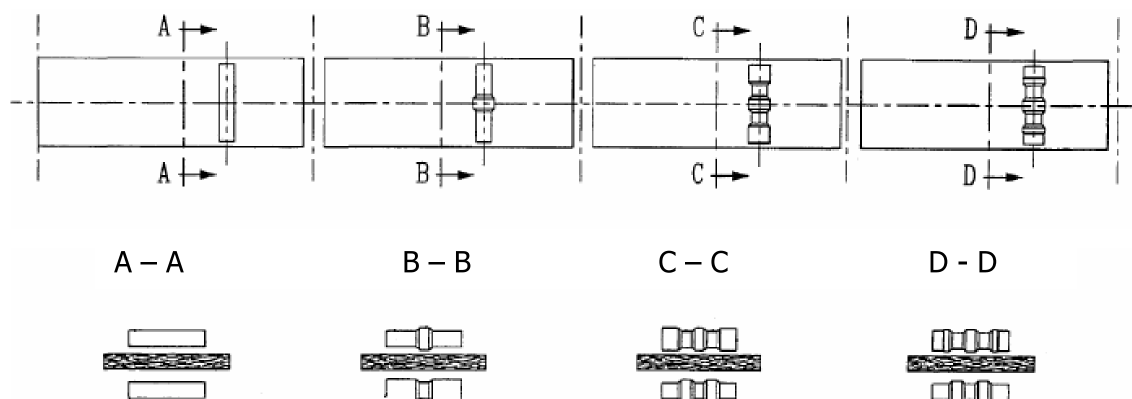
b) Viļņa veidošanas princips



c) Presēšana daudzstāvu presē

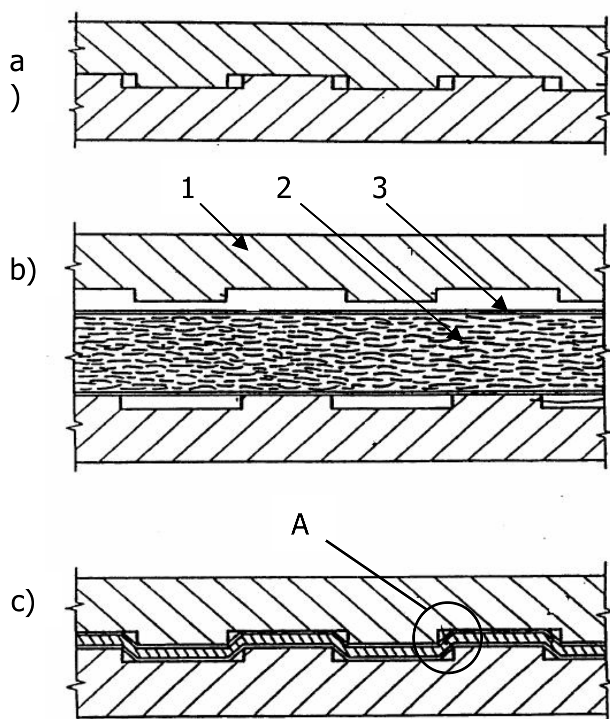
1.24. att. Vienpusēji viļņotas koksnes daļiņu plātnes ražošanas shēma, ASV patents Nr. 4904517.

Gasselin (ASV patents Nr 7077988) patentējis viļņota klājuma veidošanu izmantojot veltņus (skat. att. 1.25).



1.25. att. Viļņotas koksnes daļiņu klājuma veidošanas principiālā shēma izmantojot veltņus, ASV patents Nr. 7077988.

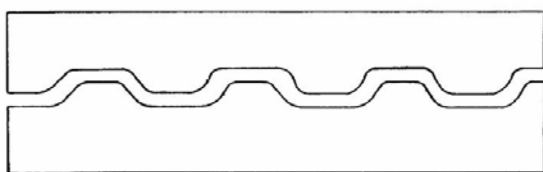
Vienkāršāku risinājumu piedāvā Bach (ASV Patents Nr 5443891), preses plātnēs (1) iestrādātas rievas (skat. 1.26. att.), ar kuru palīdzību veido viļņotu plātni. Lai nemazinātos spiediens uz koksnes daļiņu klājumu (2) zonā A (skat. 1.26 att.) izgudrotājs piedāvā koksnes daļiņu klājumu veidot uz metāla sieta (3), tādējādi nodrošinot nepieciešamo spiedienu.



1.26. att. Zema profila viļņotas koksnes daļiņu plātnes ražošanas shēma, ASV patents Nr. 5443891.

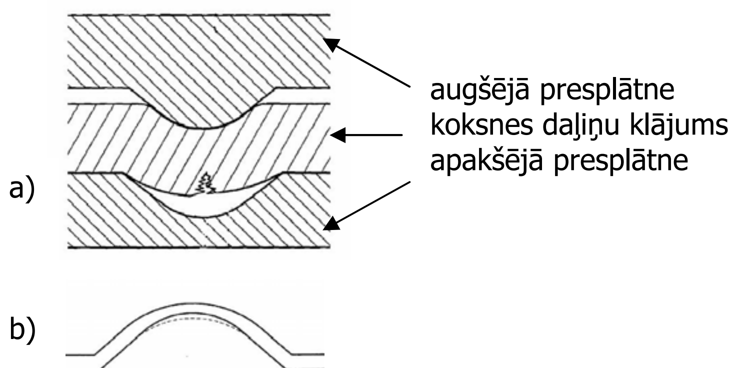
Izgudrojuma autors norāda, ka zema profila koksnes daļiņu plātnēm lieces moments pie vienādas plātnes masas uz laukuma vienību ir par 60% augstāks nekā plakanai plātnei.

Līdzīga iekārta aprakstīta ASV patentā Nr 6511567 (skat. 1.27. att.)



1.27. att. Presplātnes shēma viļņotas koksnes daļiņu plātnes ražošana, ASV patents Nr. 6511567.

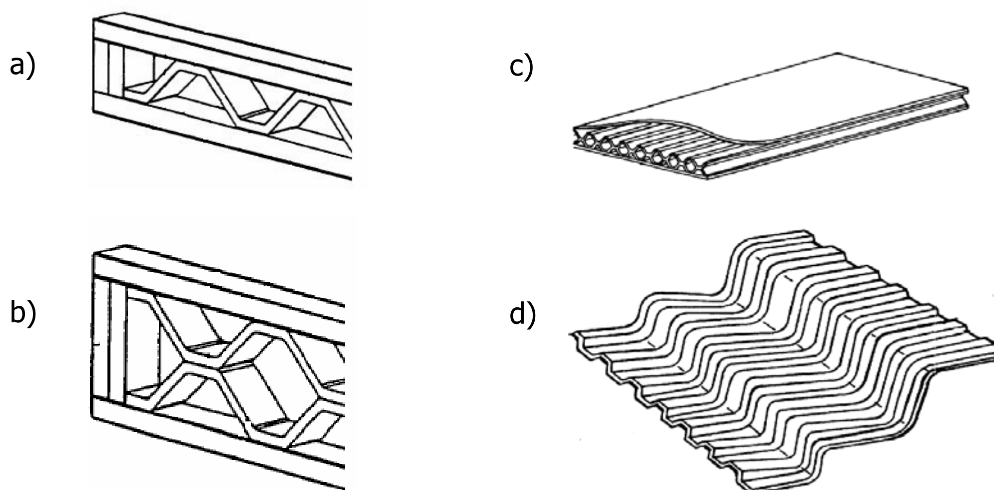
Taču ražošanā strādājot ar šīm abām iekārtām (ASV patents 5443891 un 6511567) var rasties problēmas, kuras var izsaukt apstāklis, ka koksnes daļiņu klājumam (plakanam), kuru ievieto starp šīm presplātnēm un gatavam produktam (viļņainam) atšķiras virsmas garums. Līdz ar to gatavam produktam var rasties problēmas ar vienmērīgu koksnes daļiņu izkliedi pa plātne šķērsgriezumu (skat. 1.28. att.).



1.28. att. Nevienmērīgas koksnes daļiņu izkliedes radītās problēmas (a) iespējamais risinājums (b), ASV patents Nr. 7426806.

Kā risinājumu ASV patentā 7426806 piedāvā mainīt izliekuma iekšējo rādiusus tādejādi nodrošinot papildus spiedienu un veidojot plānāku šķērsgriezumu.

Šādas viļņotas plātnes tālāk var aplīmēt ar plātņu materiāliem, tādejādi iegūstot materiālu, kas ārēji līdzīgs tradicionālajiem plātņu materiāliem. Dažu no viļņoto plātņu tālākās pielietošanas veidiem apskatāmi 1.29. attēlā.



1.29. att. Dažādi siju veidi (a; b (ASV patents Nr. 6773791, Nr 7255765)), dažādi plātņu veidi (c (ASV patents Nr. 6773791, Nr 7255765); d (ASV patents Nr. 6541097)).

Galvenais trūkums vieglas masas plātnēm ir zemas mehāniskās īpašības. To pielietojuma sfēra ir mēbeles, norobežojošie elementi, skaņas izolācija u.c. nozares, kur nav nepieciešam augstas mehāniskās īpašības.

Gan pielietotie izejmateriāli, gan ekonomiskie apsvērumi nosaka ražošanas procesa parametru izvēli.

Ņemot vērā augstāk minēto 1.24 tabulā apkopoti trīs mehānisko īpašību uzlabošanas varianti un izvērtēti to plusi un mīnusi.

1.24. tabula

Saplākšņa mehānisko īpašību uzlabošana variantu novērtējums, ballēs

	Tehnoloģija sarežģītība	**Izmaksas**	**Ekoloģija**	**Tehnoloģijas pieejamība**	**Kopsumma***
Saklājuma shēmas optimizēšana	1	1	2	1	5
Plātnes pastiprināšana ar nekoksnes materiāliem	2	2	3	2	9
Trīs dimensiju plātnes	3	3	1	3	10

* mazāk balles – tehnoloģijas sarežģītība → vieglāk realizējams;
– izmaksas → mazākas izmaksas;
– ekoloģija → mazāks izejmateriālu patēriņš.

Viens no vienkāršākiem variantiem kā uzlabot saplākšņa mehāniskās īpašības liecē ir izvēlēties optimālu finieru saklājumu shēmu. Diemžēl šādām plātnēm ir limitēts pielietojums. Plātņu pastiprināšana ar nekoksnes materiāliem nav tehnoloģiski sarežģīts process, pēc būtības tā ir plātnes pārklāšana ar mehānisko īpašību uzlabojošu slāni – laminēšana. Taču jāņem vērā pielietojot nekoksnes materiālus būtu jātiecas uz tādiem materiāliem, kas bioloģiski paši noārdās, pretējā gadījumā– tiks iznīcināta viena no koksnes materiālu priekšrocībām– vieglā utilizācija.
Trīs dimensiju plātnes ir perspektīvs produkts ņemot vērā izejmateriālu ekonomiju un augstās mehāniskās īpašības attiecību pret plātnes masu.

Kā pagaidu risinājumu pircējiem ar speciālām prasībām attiecībā uz mehāniskām īpašībām būtu jāpiedāvā speciāla saklājuma saplāksnis. Šāda saplākšņa ražošana nav saistīta ar nepieciešamību mainīt tehnoloģiskos procesus un ražošanas uzsākšana nav laikietilpīga, ražošanu pēc būtības var uzsākt jebkurā brīdī.

Dažādu saplākšņa stiprības palielināšanas variantu izstrādes un ražošanā ieviešanas laikietilpības novērtējums dots tabulā 1.25.

1.25. tabula

Saplākšņa mehānisko īpašību uzlabošana variantu ražošanas uzsākšānas perspektīva

Variants	**Laikietilpība līdz ieviešanai ražošanā**
Saklājuma shēmas optimizēšana	līdz pusgadam
Plātnes pastiprināšana ar nekoksnes materiāliem	no pusgada līdz 2 gadiem
Trīs dimensiju plātnes	no gada līdz 3 gadiem

2 EKSPERIMENTĀLAIS DARBS

2.1 Autobūves industrijai specifisko fizikāli-mehānisko īpašību noteikšana bērza saplāksnim

2.1.1 Fizikāli mehāniskās īpašības

A/S Latvijas Finieris rūpnīcā Lignums laboratorija veica sekojošu materiālu:

- bērza saplāksnis Riga Ply, biezums 27 mm, finieru biezums 1.4 mm un finieru saklājuma shēma |—|—|—|—|—|—|—|—|—|—|—| *, 32 plātnes;
- bērza saplāksnis Riga Ply, biezums 28 mm, fnieru biezums 1.4 mm un finieru saklājuma shēma |———|—|——|—|—|—|———|, 32 plātnes;
- bērza saplāksnis Riga Ply, biezums 28 mm, finieru biezums 1.4 mm un finieru saklājuma shēma |||—|—|—|——|—|—|—|||, 32 plātnes;
- bērza saplāksnis Riga Ply, biezums 30 mm, finieru biezums 1.4 mm un finieru saklājuma shēma ||—|||—|—|—||—|—|||—||, 32 plātnes;

pārbaudes:

- saplākšņa mitruma satura noteikšanu saskaņā ar LVS EN 322 „Koksnes plātnes – Mitruma satura noteikšana";
- saplākšņa blīvuma noteikšanu saskaņā ar LVS EN 323 „Koka skaidu plātnes – Blīvuma noteikšana";
- saplākšņa lieces stiprības un elastības moduļa noteikšanu saskaņā ar LVS EN 310 „Koka skaidu plāksnes – Elastības moduļa un lieces spēka noteikšana";
- saplākšņa lieces stiprības un elastības moduļa noteikšanu saskaņā ar LVS EN 789 „Koka konstrukcijas – Testa metodes – Koksnes plātņu mehānisko īpašību noteikšana".

Saplākšņa plātnes izgatavotas rūpn. „Furniers" un rūpn. „Lignums", plātņu atlase – gadījuma rakstura.

Pētījuma rezultāti apkopoti tabulās 2.1. – 2.8.

Tabulās dotie apzīmējumi:

|	1,4 mm bērza finieris ar šķiedru virzienu paralēli plātnes garenasij
—	1,4 mm bērza finieris ar šķiedru virzienu perpendikulāri plātnes garenasij
II	Paralēli segfiniera šķiedru virzienam
_I_	Perpendikulāri segfiniera šķiedru virzienam
Vid	Vidējā vērtība
STDEV	Standartnovirze
Min	Minimālā vērtība
Max	Maksimālā vērtība

2.1. tabula

Saplākšņa Riga Ply (biezums 27 mm, saklājuma shēma
|—|—|—|—|—|—|—|—|—|—|—|
lieces stiprība un elastības modulis saskaņā ar EN 789 pārbaudes metodiku

N.P.K	Biezums, mm	Mitrums, %	Blīvums, $kg \cdot m^{-3}$	Stiprība		Elastības modulis	
				ǀǀ $N \cdot mm^{-2}$	⊥ $N \cdot mm^{-2}$	ǀǀ $N \cdot mm^{-2}$	⊥ $N \cdot mm^{-2}$
1	27,2	9,9	669	62,2	51,1	10790	8030
2	26,6	10,1	718	54,1	52,6	10210	7970
3	27,2	10,1	725	67,2	61,2	10820	9170
4	26,7	10,1	723	70,9	58,1	10620	9018
5	26,7	10,8	703	66,3	54,0	10180	7340
6	26,7	10,4	669	53,6	48,9	8680	7500
7	27,3	10,7	719	56,8	51,5	10010	8340
8	26,9	9,9	721	63,2	61,5	10490	9320
9	26,4	10,3	697	60,9	49,6	9550	6670
10	27,0	10,2	739	59,6	50,4	9940	7740
11	26,7	9,9	757	76,5	52,4	11770	7620
12	26,5	10,1	755	60,3	51,8	10050	7520
13	26,3	10,0	738	70,2	55,9	10600	8530
14	26,6	10,3	718	64,7	47,3	10360	7230
15	26,7	10,2	740	76,8	56,8	11820	7200
16	26,8	10,5	756	71,5	39,4	10750	7740
17	26,7	9,5	752	71,9	46,4	11900	6860
18	26,5	10,2	730	61,9	49,5	10200	7730
19	26,7	10,3	734	73,9	61,3	7370	8800
20	26,7	10,2	708	61,3	52,8	9650	7200
21	26,6	10,2	743	56,8	52,8	10360	8430
22	27,0	10,7	712	63,2	58,9	19930	9280
23	26,7	10,1	693	69,6	46,4	10800	6410
24	26,9	10,2	692	63,3	51,6	10290	6950
25	26,8	9,7	716	61,5	54,0	9710	7380
26	27,2	10,3	749	72,9	50,7	11170	8353
27	27,5	9,8	703	67,9	42,4	10720	7480
28	27,4	9,9	678	64,4	31,5	10420	6770
29	27,5	9,6	711	69,5	48,7	11670	7760
30	27,2	9,8	672	60,5	46,7	9730	6920
31	27,7	9,6	688	58,7	40,0	10110	7390
32	27,7	9,6	688	64,9	41,8	10600	6930
Min	**26,3**	**9,5**	**669**	**53,6**	**31,5**	**7370**	**6410**
Max	**27,7**	**10,8**	**757**	**76,8**	**61,5**	**19930**	**9320**
Vid.	**26,9**	**10,1**	**716,1**	**64,9**	**50,6**	**10665**	**7737**
STDEV	**0,38**	**0,33**	**26,32**	**6,18**	**6,72**	**1908**	**797**

2.2. tabula

Saplākšņa Riga Ply (biezums 28 mm, saklājuma shēma
|———|—|——|—|—|—|———|
lieces stiprība un elastības modulis saskaņā ar EN 789 pārbaudes metodiku

N.P.K	Biezums, mm	Mitrums, %	Blīvums, $kg \cdot m^{-3}$	Stiprība || $N \cdot mm^{-2}$	Stiprība ⊥ $N \cdot mm^{-2}$	Elastības modulis || $N \cdot mm^{-2}$	Elastības modulis ⊥ $N \cdot mm^{-2}$
1	28,3	6,8	683	29,3	62,2	5492	10742
2	27,4	8,8	715	29,6	67,8	6403	12346
3	27,7	9,2	731	32,1	64,5	5697	12076
4	28,1	8,2	713	33,8	76,9	5986	11802
5	27,7	10,1	723	30,6	65,3	5050	11212
6	28,0	8,5	721	40,4	74,7	6990	12183
7	27,5	9,4	738	31,6	80,8	5693	13830
8	28,8	8,6	730	37,8	45,9	7075	11539
9	27,7	8,9	739	36,5	76,8	7300	11664
10	27,7	8,7	743	32,7	60,2	6257	11057
11	29,0	7,4	683	37,3	71,7	6761	13184
12	28,3	9,2	708	37,7	73,4	7526	11548
13	27,7	8,3	665	30,3	73,2	5814	11423
14	27,5	9,7	703	28,8	71,5	5040	10812
15	27,9	8,5	683	31,2	80,5	5632	12470
16	27,7	8,7	733	31,9	61,6	6248	10545
17	27,9	8,9	607	32,6	77,3	5415	13220
18	27,7	8,9	747	40,6	67,8	6955	11879
19	28,1	8,4	721	38,5	80,5	6650	12877
20	27,6	9,3	720	36,2	68,8	6808	11426
21	27,6	8,4	743	32,3	58	5953	9918
22	27,7	8,3	748	29,1	74,7	5969	12238
23	27,6	7,9	734	30,3	72,7	6083	12648
24	27,9	7,8	715	23,6	78	4619	11894
25	27,0	8,2	703	25,6	66,2	4815	12168
26	27,3	9,1	734	20,9	77,7	4384	12721
27	27,6	8,0	682	29,9	56,2	4827	9805
28	27,5	9,4	648	21,3	55,4	4215	8613
29	27,1	9,5	742	18	63,3	3585	10367
30	26,9	9,8	723	27,8	52,1	5566	8831
31	27,3	9,4	672	20,7	49,9	4391	8382
32	27,3	9,9	687	23	48,5	4924	9374
Min	**26,9**	**6,8**	**607**	**18,0**	**45,9**	**3585**	**8382**
Max	**29,0**	**10,1**	**748**	**40,6**	**80,8**	**7526**	**13830**
Vid.	**27,7**	**8,8**	**710,5**	**30,7**	**67,3**	**5754**	**11400**
STDEV	**0,46**	**0,74**	**32,33**	**5,91**	**10,03**	**986**	**1369**

2.3. tabula

Saplākšņa Riga Ply (biezums 28 mm, saklājuma shēma
| | | – | – | – | – – | – | – | – | | |
lieces stiprība un elastības modulis saskaņā ar EN 789 pārbaudes metodiku

N.P.K	Biezums, mm	Mitrums, %	Blīvums, $kg\cdot m^{-3}$	Stiprība		Elastības modulis	
				|| $N\cdot mm^{-2}$	⊥ $N\cdot mm^{-2}$	|| $N\cdot mm^{-2}$	⊥ $N\cdot mm^{-2}$
1	28,9	9,1	747	70,4	32,8	13358	4862
2	27,7	7,0	706	64,6	30,3	11190	3877
3	27,8	8,9	735	80,3	29,5	14254	4134
4	28,5	10,4	731	73	30,4	13102	3968
5	27,7	8,5	731	74,7	37,3	14217	5163
6	27,6	11,1	717	83,5	33,3	13674	4491
7	27,6	9,6	742	76,3	35,2	12785	4950
8	27,1	9,5	738	81,1	37,2	14419	4853
9	28,0	8,3	726	76,4	34,3	12888	5584
10	27,7	8,1	746	74,5	25	15783	3472
11	27,3	8,9	719	85,4	39,4	15276	4656
12	27,3	9,4	733	72,1	31,9	12643	4644
13	27,7	9,1	739	77,5	33,7	13200	4421
14	27,9	8,6	710	73,5	28,5	12678	4454
15	27,6	8,5	724	75,9	30,2	14115	3786
16	27,4	9,9	727	76,3	30,5	13789	4343
17	27,4	8,1	735	78,6	35,4	13922	4774
18	27,4	8,3	758	69,5	26,6	12915	3958
19	28,2	8,5	742	53	18,8	9353	3588
20	28,2	8,7	730	47,8	22,9	8519	3346
21	27,7	9,0	718	49,7	22,3	9502	3594
22	27,6	8,0	651	20,6	46,5	4720	8929
23	27,7	9,4	719	51,6	21,1	9444	3362
24	27,6	7,6	719	45,8	24,8	9464	3345
25	27,6	7,8	733	50,7	19,5	11013	3326
26	27,4	8,3	727	44,2	22,3	10573	3451
27	27,6	7,4	747	54,9	22,4	10915	3615
28	27,9	7,9	747	59,5	19,1	10965	3445
29	27,9	8,6	727	58,7	22,4	11074	3306
30	27,7	8,4	604	45	23	8720	3240
31	27,3	7,4	641	55,1	14,6	10847	3058
32	28,0	8,3	671	54,5	19,4	10020	3191
Min	**27,1**	**7,0**	**604**	**20,6**	**14,6**	**4720**	**3058**
Max	**28,9**	**11,1**	**758**	**85,4**	**46,5**	**15783**	**8929**
Vid.	**27,7**	**8,6**	**720,0**	**64,2**	**28,1**	**11854**	**4162**
STDEV	**0,35**	**0,88**	**33,39**	**15,14**	**7,29**	**2383**	**1102**

2.4. tabula

Saplākšņa Riga Ply (biezums 30 mm, saklājuma shēma
||–|||–|–|–||–|–|||–||
lieces stiprība un elastības modulis saskaņā ar EN 789 pārbaudes metodiku

N.P.K	Biezums, mm	Mitrums, %	Blīvums, $kg \cdot m^{-3}$	Stiprība		Elastības modulis	
				|| $N \cdot mm^{-2}$	⊥ $N \cdot mm^{-2}$	|| $N \cdot mm^{-2}$	⊥ $N \cdot mm^{-2}$
1	31,3	9,0	728	68	23,3	11981	4551
2	30,5	10,4	733	74,3	26,9	13487	4773
3	30,7	8,8	743	81,1	29,9	13896	5557
4	31,5	9,6	850	79,4	28	12732	5431
5	30,6	9,2	700	73,9	27	11659	4407
6	30,2	8,6	744	89,7	22,2	15576	4936
7	31,2	9,7	718	78,4	21,5	12172	3771
8	31,7	8,4	703	79,1	25	12281	4349
9	31,2	9,5	748	65,4	36,2	12564	5082
10	31,3	10,0	721	86,3	33,5	14826	4195
11	30,9	8,1	725	81,9	22,4	14786	4355
12	30,5	9,8	733	76,7	23,3	12834	4652
13	30,1	11,3	699	76,2	23,7	12535	3620
14	31,2	10,5	715	78,4	22,2	12852	3486
15	30,3	9,2	705	76,9	27,7	12504	4911
16	30,8	8,7	711	83,8	26,6	15551	4121
17	30,2	8,6	733	80,4	29,1	12958	4696
18	30,3	8,0	677	77,3	26,2	13419	4618
19	30,2	8,8	622	90,8	26,1	13605	4838
20	30,2	9,6	721	76,8	22,3	12918	4344
21	30,4	9,4	721	70,2	31,6	11933	4378
22	30,8	8,3	694	69,3	30,5	12393	4006
23	30,7	8,2	698	80	23,3	13889	4558
24	29,9	8,9	723	61,2	29,7	12817	4829
25	29,8	9,1	728	52,1	19,1	9989	4143
26	31,2	9,7	725	52,2	12,8	10232	2927
27	30,2	9,8	618	56,1	17,8	10091	3610
28	29,7	9,1	702	51,8	18,7	9927	3660
29	29,9	8,9	689	52,6	16	10017	3302
30	29,8	9,6	727	58	14,2	10233	3012
31	29,5	9,6	659	58,2	21,6	10144	3061
32	29,8	9,3	729	51,1	20,5	9724	4240
Min	**29,5**	**8,0**	**618**	**51,1**	**12,8**	**9724**	**2927**
Max	**31,7**	**11,3**	**850**	**90,8**	**36,2**	**15576**	**5557**
Vid.	**30,5**	**9,2**	**713,8**	**71,5**	**24,3**	**12391**	**4263**
STDEV	**0,59**	**0,74**	**39,34**	**12,00**	**5,41**	**1672**	**673**

2.5. tabula

Saplākšņa Riga Ply (biezums 27 mm, saklājuma shēma
|—|—|—|—|—|—|—|—|—|—|
lieces stiprība un elastības modulis saskaņā ar EN 310 pārbaudes metodiku

N.P.K	Biezums, mm	Mitrums, %	Blīvums, $kg\cdot m^{-3}$	Stiprība || $N\cdot mm^{-2}$	Stiprība ⊥ $N\cdot mm^{-2}$	Elastības modulis || $N\cdot mm^{-2}$	Elastības modulis ⊥ $N\cdot mm^{-2}$
1	26,0	9,9	669	70,4	26,0	8382	8030
2	26,0	10,1	718	70,3	26,03	7776	7970
3	25,9	10,1	725	61,4	25,94	8057	9170
4	26,0	10,1	723	65,0	26,03	8263	9018
5	26,2	10,8	703	75,3	26,21	8275	7340
6	26,2	10,4	669	72,2	26,18	8009	7500
7	25,4	10,7	719	67,1	25,39	8130	8340
8	26,3	9,9	721	61,4	26,26	8013	9320
9	26,1	10,3	697	71,4	26,06	8088	6670
10	26,0	10,2	739	55,1	26,03	7659	7740
11	26,0	9,9	757	63	25,96	7374	7620
12	26,0	10,1	755	70,4	26,01	10103	7520
13	26,1	10,0	738	59,5	26,14	7987	8530
14	26,0	10,3	718	64,1	26,03	7592	7230
15	26,3	10,2	740	69,7	26,34	9000	7200
16	26,2	10,5	756	68,7	26,22	8485	7740
17	27,4	9,5	752	65,0	27,37	7850	6860
18	26,4	10,2	730	72,1	26,41	8377	7730
19	56,4	10,3	734	81,3	56,44	9559	8800
20	26,6	10,2	708	70,7	26,59	9014	7200
21	26,8	10,2	743	72,3	26,78	8550	8430
22	26,5	10,7	712	64,5	26,51	7481	9280
23	26,4	10,1	693	70,6	26,36	9562	6410
24	26,4	10,2	692	72,1	26,37	9072	6950
25	26,4	9,7	716	70,4	26,41	8930	7380
26	26,4	10,3	749	71,5	26,4	8433	8353
27	26,5	9,8	703	58,9	26,53	7596	7480
28	26,5	9,9	678	60,9	26,53	7574	6770
29	26,4	9,6	711	59,6	26,36	7427	7760
30	26,1	9,8	672	75,9	26,14	8764	6920
31	26,2	9,6	688	59,8	26,17	6193	7390
32	26,5	9,6	688	70,4	26,49	9082	6930
Min	**25,4**	**9,5**	**669**	**55,1**	**25,4**	**6193**	**6410**
Max	**56,4**	**10,8**	**757**	**81,3**	**56,4**	**10103**	**9320**
Vid.	**27,2**	**10,1**	**716,1**	**67,5**	**27,2**	**8271**	**7737**
STDEV	**5,34**	**0,33**	**26,32**	**5,94**	**5,34**	**781**	**797**

2.6. tabula

Saplākšņa Riga Ply (biezums 28 mm, saklājuma shēma
|———|—|——|—|—|—|———|
lieces stiprība un elastības modulis saskaņā ar EN 789 pārbaudes metodiku

N.P.K	Biezums, mm	Mitrums, %	Blīvums, $kg \cdot m^{-3}$	Stiprība		Elastības modulis	
				|| $N \cdot mm^{-2}$	⊥ $N \cdot mm^{-2}$	|| $N \cdot mm^{-2}$	⊥ $N \cdot mm^{-2}$
1	27,8	6,8	683	42,1	77,1	5518	9295
2	27,1	8,8	715	47,3	80,3	5934	10501
3	27,2	9,2	731	46,0	79,8	5497	10012
4	27,6	8,2	713	45,2	86,4	5645	10177
5	27,7	10,1	723	44,5	76,5	5078	9305
6	27,5	8,5	721	51,8	82,6	5914	9869
7	27,8	9,4	738	44,8	82,3	5720	10562
8	27,5	8,6	730	59,2	82,2	6594	9365
9	28,6	8,9	739	45,0	92,2	6002	9425
10	27,8	8,7	743	49,0	72,1	5777	9193
11	27,4	7,4	683	57,1	90,7	6146	10413
12	28,8	9,2	708	58,6	83,9	6280	8895
13	28,8	8,3	665	39,3	86,4	5078	8587
14	27,2	9,7	703	38,5	82,6	4741	8694
15	27,5	8,5	683	43,5	84,5	5365	9988
16	27,3	8,7	733	44,1	79,2	5681	8692
17	27,8	8,9	607	46,6	99,1	4920	11910
18	27,3	8,9	747	44,7	82	5106	9385
19	27,7	8,4	721	45,5	91,2	5837	10361
20	27,5	9,3	720	47,8	80,3	5484	8905
21	27,5	8,4	743	43,8	67,3	5066	8191
22	27,6	8,3	748	45,1	84	5004	9879
23	27,6	7,9	734	42,2	88,3	5282	10025
24	27,5	7,8	715	44,1	86,9	5577	9957
25	27,5	8,2	703	40,5	79,8	5038	10029
26	27,1	9,1	734	47,6	90,8	5429	10122
27	27,4	8,0	682	59,4	85,3	6395	10312
28	27,5	9,4	648	41,8	92,1	10726	9776
29	27,5	9,5	742	45,4	41,8	5499	5250
30	27,0	9,8	723	56,6	92,8	6263	9951
31	27,2	9,4	672	38,7	68,6	5344	7720
32	27,1	9,9	687	44,9	92,4	6183	10218
Min	**27,0**	**6,8**	**607**	**38,5**	**41,8**	**4741**	**5250**
Max	**28,8**	**10,1**	**748**	**59,4**	**99,1**	**10726**	**11910**
Vid.	**27,6**	**8,8**	**710,5**	**46,6**	**82,5**	**5754**	**9530**
STDEV	**0,44**	**0,74**	**32,33**	**5,81**	**10,27**	**1022**	**1127**

2.7. tabula

Saplākšņa Riga Ply (biezums 28 mm, saklājuma shēma
| | | – | – | – | – – | – | – | – | | |
lieces stiprība un elastības modulis saskaņā ar EN 789 pārbaudes metodiku

N.P.K	Biezums, mm	Mitrums, %	Blīvums, $kg \cdot m^{-3}$	Stiprība		Elastības modulis	
				|| $N \cdot mm^{-2}$	⊥ $N \cdot mm^{-2}$	|| $N \cdot mm^{-2}$	⊥ $N \cdot mm^{-2}$
1	28,9	9,1	747	84,6	44,2	10949	4055
2	27,2	7,0	706	71,6	39,9	9850	3689
3	27,9	8,9	735	89,6	40,2	11618	4098
4	28,6	10,4	731	78,9	41,7	10346	3821
5	27,6	8,5	731	97,8	49,9	11645	4647
6	27,5	11,1	717	74,5	50,3	10502	4528
7	27,3	9,6	742	89,8	49,6	10276	4630
8	27,2	9,5	738	99,0	51,0	10505	4310
9	27,5	8,3	726	93,3	53,0	12310	5794
10	28,4	8,1	746	78,0	37,9	9088	3086
11	27,5	8,9	719	91,4	49,2	11521	4404
12	27,3	9,4	733	78,9	44,8	10082	4319
13	27,7	9,1	739	88,3	51,2	12423	4438
14	27,9	8,6	710	77,2	40,2	9510	4186
15	27,8	8,5	724	90,4	42,0	12090	3920
16	27,3	9,9	727	88,8	40,6	11477	4596
17	27,3	8,1	735	82,5	46,4	11193	4527
18	27,4	8,3	758	84,5	41,1	10954	4145
19	27,7	8,5	742	91,7	43,9	10360	4193
20	27,7	8,7	730	83,4	50,4	10401	4793
21	27,6	9,0	718	94	41,2	11145	4572
22	27,5	8,0	651	92	48,1	10664	5731
23	27,7	9,4	719	89,6	52,4	10728	4636
24	27,6	7,6	719	88,3	47,2	10468	4466
25	27,6	7,8	733	97,9	47,6	12106	4482
26	27,5	8,3	727	92,5	39,6	11130	4350
27	27,5	7,4	747	101,5	41,9	11261	4826
28	27,3	7,9	747	91,5	43,5	10332	4299
29	27,4	8,6	727	94,3	41,3	11663	3917
30	27,5	8,4	604	77,6	42,8	9617	4050
31	27,6	7,4	641	95,0	43,5	11309	4093
32	27,6	8,3	671	94	41,2	11145	4572
Min	**27,2**	**7,0**	**604**	**71,6**	**37,9**	**9088**	**3086**
Max	**28,9**	**11,1**	**758**	**101,5**	**53,0**	**12423**	**5794**
Vid.	**27,6**	**8,6**	**720,0**	**88,2**	**44,9**	**10896**	**4380**
STDEV	**0,38**	**0,88**	**33,39**	**7,60**	**4,42**	**821**	**508**

2.8. tabula

Saplākšņa Riga Ply (biezums 30 mm, saklājuma shēma
| | — | | | — | — | — | | — | — | | | — | |
lieces stiprība un elastības modulis saskaņā ar EN 789 pārbaudes metodiku

N.P.K	Biezums, mm	Mitrums, %	Blīvums, $kg \cdot m^{-3}$	Stiprība		Elastības modulis	
				|| $N \cdot mm^{-2}$	⊥ $N \cdot mm^{-2}$	|| $N \cdot mm^{-2}$	⊥ $N \cdot mm^{-2}$
1	30,4	9,0	728	88	43,8	9295	4191
2	30,3	10,4	733	87,7	41,5	11497	4243
3	30,4	8,8	743	100,2	49,2	11660	5006
4	30,4	9,6	850	88,5	45,8	11145	4792
5	30,4	9,2	700	82,9	40,6	9864	4052
6	30,5	8,6	744	93	36,2	11990	4453
7	30,9	9,7	718	95,3	34,9	10861	3740
8	30,2	8,4	703	99,9	45,4	11762	4299
9	31,0	9,5	748	76,5	45,6	10471	4608
10	31,5	10,0	721	93,6	44,6	11379	3817
11	30,9	8,1	725	91,3	37,1	11568	4102
12	30,2	9,8	733	77,8	39,4	9481	3953
13	30,2	11,3	699	80,6	32,9	9690	3496
14	31,3	10,5	715	79,2	35,5	10613	3700
15	30,1	9,2	705	86,0	43,1	10373	4497
16	31,9	8,7	711	89,4	40,4	10880	3597
17	30,4	8,6	733	94,1	45,1	10958	4149
18	30,8	8,0	677	76,8	35,2	9637	3895
19	30,9	8,8	622	91,4	42,7	10874	4430
20	30,8	9,6	721	94,5	36,2	10786	4133
21	30,2	9,4	721	86,2	48,5	9453	4093
22	31,1	8,3	694	85,1	29,2	9525	3247
23	31,0	8,2	698	88,7	35,2	10362	3937
24	30,4	8,9	723	81,6	34,7	10041	4320
25	29,7	9,1	728	42,1	94	4984	11450
26	31,0	9,7	725	96,7	33,6	11160	3778
27	30,1	9,8	618	88,5	42,6	10825	4725
28	29,6	9,1	702	92,1	38,1	11362	4359
29	29,6	8,9	689	91,2	36,7	10948	3752
30	29,5	9,6	727	83,6	43,0	11065	3802
31	29,5	9,6	659	95,2	38,0	11216	4187
32	29,6	9,3	729	85,8	50,4	11042	4883
Min	**29,5**	**8,0**	**618**	**42,1**	**29,2**	**4984**	**3247**
Max	**31,9**	**11,3**	**850**	**100,2**	**94,0**	**11990**	**11450**
Vid.	**30,5**	**9,2**	**713,8**	**87,0**	**41,9**	**10524**	**4365**
STDEV	**0,60**	**0,74**	**39,34**	**10,37**	**10,85**	**1255**	**1356**

Secinājumi

1 Noteiktas lieces īpašības standarta bērza saplāksnim Riga Ply saskaņā ar LVS EN 310 un LVS EN 789.

2 Speciālās konstrukcijas bērza saplāksnim vienā virzienā „Spec 2" lieces stiprība ir par 30 % un elastības modulis ir par 11 % augstāks nekā standarta bērza saplāksnim ar biezumu 27 mm, saskaņā ar LVS EN 310 rezultātiem.

3 Speciālās konstrukcijas bērza saplāksnim vienā virzienā „Spec 3" lieces stiprība un elastības modulis ir par 25 % augstāks nekā standarta bērza saplāksnim ar biezumu 30 mm, saskaņā ar LVS EN 310 rezultātiem.

4 Speciālās konstrukcijas saplākšņi izpilda lieces stiprības un elastības prasības saskaņā ar auto piekabju ražotāju prasībām.

2.1.2 Ugunsizturības īpašības

Materiāla degšanas īpašību standarti ir veidoti ar mērķi nodrošināt materiālu lietotāju drošību. Transporta industrijā materiāla degšanas īpašībām pēdējos 20 gados pievērsta pastiprināta interese. Ir daži nosacījumi, kas lielā mērā likumdošanas prasības transporta industrijā atšķir no prasībām, kas sastopamas citās nozarēs, jo transporta lietošanas specifika bieži ierobežo iespēju cilvēkiem izvairīties no degšanas procesā radušiem procesiem. Kā piemērus var minēt pasažieru lidmašīnas, kuģus un pazemes vilcienus, kur telpa, kurā var pārvietoties pasažieri ir ierobežota.

Materiālam jāizpilda prasības attiecībā uz uguns liesmas, dūmu un to toksiskām īpašībām. Diemžēl ir jāatzīst, ka šīs prasības variē starp valstīm, pie tam katra transporta līdzekļa ražotājs var noteikt papildus prasības savam ražojumam. Variē ne tikai prasības, bet arī pārbaudes metodes, kas rada nopietnas problēmas gan transporta līdzekļu ražotājiem, gan arī materiālu piegādātājiem, sevišķi gadījumos, kad viņu produkciju pielieto vai vēlas pielietot dažādās valstīs.

Tajā pašā laikā jāatzīst, ka bieži trūkst izpratnes par dažādus pārbaužu rezultātu un to interpretācijas atbilstību reālajiem materiāla ekspluatācijas apstākļiem. Ļoti reti kāds materiāls tiek pielietots atsevišķi no citiem materiāliem, tāpēc ir svarīgi apzināties kā „uzvedas" dažādu materiālu komplekss.

Dūmu toksiskums

Viens no faktoriem, kuru dēļ ugunsgrēkā iet bojā cilvēki ir to saindēšanā ar degšanas procesā izdalošām gāzēm. Dūmu toksiskums kā materiāla izvērtēšanas kritērijs ir pieņemts ASV, Lielbritānijā un Francijā, taču Vācijā nav reglamentējošo prasību. Pārbaudes princips ir novērtēt dažādu cilvēka veselībai kaitīgo vielu izdalīšanās apjomu materiāla degšanas procesā skat. Tabulu 2.9.

2.9. tabula

Kaitīgo vielu pieļaujamie daudzumi

Standarts, mērvienība	**NF X 16-101**	**BS 6853**	**SMP 800C**
viela	mg m^{-3}	mg m^{-3}	ppm
CO	1750	1750	3500
CO_2	90000	90000	90000
HCl	150	150	500
HBr	170	170	100
HCN	55	55	100
HF	17	17	100
NO/NO_2	-	38	100
SO_2	260	260	100

Franču NF X 16-101 un Britu BS 6853 standarta rezultāti ir salīdzināmi, jo abos gadījumos izmato vienādu pārbaudes metodi, ar izņēmumu, ka Britu standarts nosaka nepieciešamību novērtēt arī NO/NO_2. ASV standarta prasības ir izvērtēt katra komponentu individuāli, taču Franču un Britu standarti aprēķina kopēju komponenšu koeficientu, atkarībā no kura vērtības materiālu klasificē.

Standartu piemēri:

NF X 16-101 Railway Rolling-Stock, Fire Behaviour, Choice Of Materials

BS 6853 Mass based toxicity test

SMP 800C Toxic Gas

EN 45545-2: Annex D – Test protocol for analysis of toxic gases

Dūmu blīvums

Dūmu blīvumu blīvuma pārbaudes metodes princips ir aizdedzināt materiālu un novērtēt gaismas caurlaides spējas zudumu dūmu rašanās rezultātā. Saskaņā ar Britu standartu BS 6853 pārbaudes metodēm pārbaudes materiāla izmēri var variēt atkarībā no pārbaudes metodes no 84 cm^2 līdz 5000 cm^2.

Standartu piemēri:

NF X 10-702 Determination of the opacity of the fumes in an atmosphere without air renewal

ASTM E 662 Smoke Generation

BS 6853 Code Of Practice For Fire Precautions In The Design And Construction Of Passenger Carrying Trains

ISO 5659-2 – Smoke generation. Determination of optical density by a single chamber test

Liesmu tests

Uguns liesmu īpašības var raksturo dažādi parametri, liesmas augšanas, temperatūra, izdalītais siltums, izplatīšanās ātrums u.c.. Liesmas izplatīšanās ātrums var noteikt pēc dažādām metodēm, princips - materiāls tiek aizdedzināts un tiek novērtēts cik ilgā laikā liesma sasniegs noteiktu atzīmi. Materiāls var atrasties horizontālā, vertikālā stāvoklī vai veidot leņķi. Kā nosacījums kādā veidā materiāls tiek pakļauts liesmai bieži kalpo veids kādā materiāls tiks pielietots gala izstrādājumā. Daži no standartiem materiāla izvērtēšanai sākotnēji ir paredzēti citai nozarei, piemēram, būvniecībai.

Standartu piemēri:

BS 476: part 7 - Surface spread of flame test

BS 6853 Code Of Practice For Fire Precautions In The Design And Construction Of Passenger Carrying Trains

ASTM E 162 Standard Test Method for Surface Flammability of Materials Using a Radiant Heat Energy Source

ISO 5658-2 – Lateral flame spread on building products in vertical configuration

ISO 5660-1 – Method for measuring the rate of heat release of products

ISO 9239-1 Horizontal surface spread of flame on floor-coverings

EN ISO 4589-3: Annex A – Temperature Index / Flammability Temperature test

EN ISO 9239-1 – Horizontal surface spread of flame on floor-covering systems. Determination of the burning behaviour using a radiant heat source

Viena no tirgus nišām transporta industrijā saplāksnim ir dzelzceļa vagonu būvniecība. Saplāksni var pielietot gan kā grīdas, gan kā sienu elementu.

Ņemot vērā augstāk minēto projekta ietvaros nolemts noteikt dažādu saplākšņa produktu degšanas īpašības saskaņā ar Lielbritānijas standartu BS 6853 „Code of practice for fire precautions in the design and construction of passanger carrying trains".

Saskaņā ar šo standartu saplāksnim, kuru pielieto dzelzceļa vagonu būvniecībā kā grīdas elementu jānosaka sekojoši parametri - liesmas izplatīšanās ātrums - BS 476: 7. daļa " Surface spread of flame test" un ISO 9239-1 "Horizontal surface spread of flame on floor-coverings" dūmu blīvums un toksiskums BS 6853: D8.6 pielikums "Smoke density test"; BS 6853: B.2 pielikums "Smoke and toxicity test"

Saplāksnim, kuru pielieto dzelzceļa vagonu būvniecībā kā sienu elementu jānosaka sekojoši parametri - liesmas izplatīšanās ātrums - BS 476: 7. daļa " Surface spread of flame test", liesmas pavairošanās īpašības BS 476: 6. daļa "Fire Propagation", dūmu blīvums un toksiskums BS 6853: D8.4 pielikums "Panel smoke test"; BS 6853: B.2 pielikums "Smoke and toxicity test".

Atkarībā no šo individuālo pārbaužu rezultātiem un to izvērtēšanu kopsummā produkts var tikt iedalīts trijās grupās ar pielietojumu virszemes, daļēji virszemes vai apakšzemes vilcienu vagonu būvniecībā.

Izvērtējot iepriekšējo gadu tirgus pieprasījumus transporta industrijā nolemts veikt indikatīvas pārbaudes bērza saplākšņa produktiem (skat. 2.10. tabulu) ar pielietojuma mērķi – kā grīdas un sienu elementu.

2.10. tabula

Degšanas īpašību pārbaužu matrica

Saplākšņa tips	Grīdas elements	Sienas elements
Riga Ply	X	X
Riga Tex	X	
Riga Composite	X	X
Riga Mel		X
Riga Prime		X
Spec A[a]	X	X
Spec B[a]	X	X

[a] – uzlabots bērza saplāksnis

Esošo produktu pārbaužu rezultāti spēs sniegt informāciju par tirgū esošo produktu situāciju. Analizējot literatūru un esošos degšanas pārbaužu rezultātus rodas pamatotas šaubas par labvēlīgiem degšanas pārbaužu rezultātiem, tāpēc papildus nolemts izstrādāt divus bērza saplākšņa produktus ar uzlabotām degšanas īpašībām (Spec A un Spec B).

Papildus veiktas materiālu horizontālās degšanas ātruma noteikšanas pārbaudes standarta bērza saplākšņiem Riga Ply, Riga Form un Riga Tex saskaņā ar Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 95/28/EK (1995. gada 24. oktobris) par dažu kategoriju mehānisko transportlīdzekļu iekšējās apdares materiālu ugunsizturību, pielikumu IV. Šīs pārbaudes metode ir līdzīga un iegūtie rezultāti ir salīdzināmi ar sekojošām auto būves normatīviem:

FMVSS 302 Flammability of interior materials

DIN 75200 Determination of burning behaviour of interior materials in motor vehicles

ISO 3795 Road vehicles, and tractors and machinery for agriculture and forestry -- Determination of burning behaviour of interior materials

Kā arī auto būves koncernu izstrādātajām normām (piem. BMW N 601 21.0, DBL 5307, GM L-T06-302G-79, Mitsubishi ES X60410, TL VW 101; Volvo STD 5031).

Saskaņā ar šo pārbaudi materiāls tiek novietots horizontālā stāvoklī un ar liesmu 15 sekundes iedarbojas uz materiālu. Rezultātu izvērtēšanā ņem vērā liesmas izplatīšanās attālumu un laiku kad liesma nodziest. Rezultāti aplūkojami tabulā 2.11.

2.11. tabula

Saplākšņa degšanas pārbaudes

Parauga nosaukums	Degšanas laiks pēc pirmās atzīmes sasniegšanas, sek	Degšanas attālums, mm	Liesmas ātrums, $mm \cdot min^{-1}$
Riga Ply	0	*	0
Riga Form/Tex	0	*	0

* – liesma nav sasniegusi pirmo atzīmi

Lai izpildītu nosacījumus liesmas izplatīšanās ātrumam jābūt vienādam vai mazākam kā 100 $mm \cdot min^{-1}$.

Saskaņā ar pārbaužu rezultātiem bērza saplāksni Riga Ply, Riga Form un Riga Tex biezumā no 6.5 līdz 12 mm var izmantot M3 kategorijas auto transporta līdzekļu ražošanai (transportlīdzekļos, kuros paredzēts pārvadāt vairāk kā 22 pasažierus, bet nav domāts lietošanai pilsētā). Šobrīd tiek veiktas saplākšņu ugundrošibas pārbaudes, kuru rezultāti saņemami tuvākajā laikā.

Secinājumi

1 Ugunsdrošības pārbaudes metodes un maksimālās pieļaujamās vērtības variē gan dažādu valstu, gan transporta industrijā koncernu robežās. Taču veicot pārbaudes saskaņā ar BS 6853 ir iespējams gūt priekšstatu un paredzēt produkta atbilstību vairums no normatīvajiem dokumentiem.

2 Bērza saplāksnis Riga Ply, Riga Form un Riga Tex biezumā no 6.5 līdz 12 mm var izmantot M3 kategorijas auto transporta līdzekļu ražošanai.

Ierosinājumi

1 Pēc BS 6853 pārbaužu rezultātu saņemšanas veikt rezultātu analīzi ar mērķi izvērtēt nepieciešamību uzlabot bērza saplākšņa degšanas īpašības. Nepieciešamības gadījumā veikt pētījumus par degšanas īpašību uzlabošanu.

2.2 Bērza saplākšņa īpatnējās stiprības uzlabošana

2.2.1 Īpatnējās stiprības uzlabošana

Kā viens no vieglāk realizējamiem variantiem uzlabot saplākšņa mehāniskās īpašības ir saplākšņa saklāšanas shēmas optimizācija, tādejādi panākot saplākšņa īpašību uzlabošanos vienā virzienā.

Eksperimentu gaitā izgatavotas 3 speciālas finieru saklājuma konstrukcijas saplākšņu plātnes (no katras konstrukcijas 32 plātnes), skat. tabulu 2.12. Saplākšņa biezums izvēlēti tā, lai tie atbilstu transporta industrijā pieprasītajiem saplākšņa biezumiem.

2.12. tabula

Saplākšņa saklājuma shēmas

<table>
<tr><th>Apzīmējums</th><th>Finieru skaits, gab.</th><th>Saklājuma shēma[a]</th></tr>
<tr><td>Spec1[b]</td><td>20</td><td>| — — — | — | — — | — | — | — | — — — |</td></tr>
<tr><td>Spec 2[b]</td><td>20</td><td>| | | — | — | — | — — | — | — | — | | |</td></tr>
<tr><td>Spec 3[b]</td><td>22</td><td>| | — | | | — | — | — | | — | — | | | — | |</td></tr>
<tr><td>Riga Ply 27[c]</td><td>19</td><td>| — | — | — | — | — | — | — | — | — |</td></tr>
</table>

[a] apzīmējumi:

| – finieri ar šķiedru virzienu paralēli plātnes garenasij;

— – finieri ar šķiedru virzienu perpendikulāri plātnes garenasij.

[b] – speciālas finieru saklājuma konstrukcijas saplāksnis.

[c] – A/S Latvijas Finieris standarta bērza saplāksnis.

Šiem saplākšņiem veiktas lieces stiprības un elastības moduļa pārbaudes saskaņā ar LVS EN 789 Koka konstrukcijas - Testa metodes - Koksnes plātņu mehānisko īpašību noteikšana un LVS EN 310 Koka skaidu plāksnes - Elastības moduļa un lieces spēka noteikšana. Iegūtos rezultātus var aplūkot tabulās 2.13. un 2.14.

2.13. tabula

Saplākšņa lieces stiprība un elastības modulis saskaņā ar LVS EN 789

Saplākšņa veids	Biezums, mm	Blīvums, kg · m^{-3}	Lieces stiprība, N · mm^{-2}		Lieces elastības modulis, N · mm^{-2}	
			paralēli	perpendikulāri	paralēli	perpendikulāri
Riga Ply 27	26.9	716	64.9	50.6	10665	7737
Spec1	27.7	710.5	30.7	67.3	5754	11400
Spec 2	27.7	720	64.2	28.1	11854	4162
Spec 3	30.5	713.8	71.5	24.3	12391	4263

2.14. tabula

Saplākšņa lieces stiprība un elastības modulis saskaņā ar LVS EN 310

Saplākšņa veids	Biezums, mm	Blīvums, kg · m^{-3}	Liece stiprība, N · mm^{-2}		Liece elastības modulis, N · mm^{-2}	
			paralēli	perpendikulāri	paralēli	perpendikulāri
Riga Ply 27	27.2	716.1	67.5	27.2	8271	7737
Spec1	27.6	710.5	46.6	82.5	5754	9530
Spec 2	27.6	720	88.2	44.9	10896	4380
Spec 3	30.5	713.8	87	41.9	10524	4365

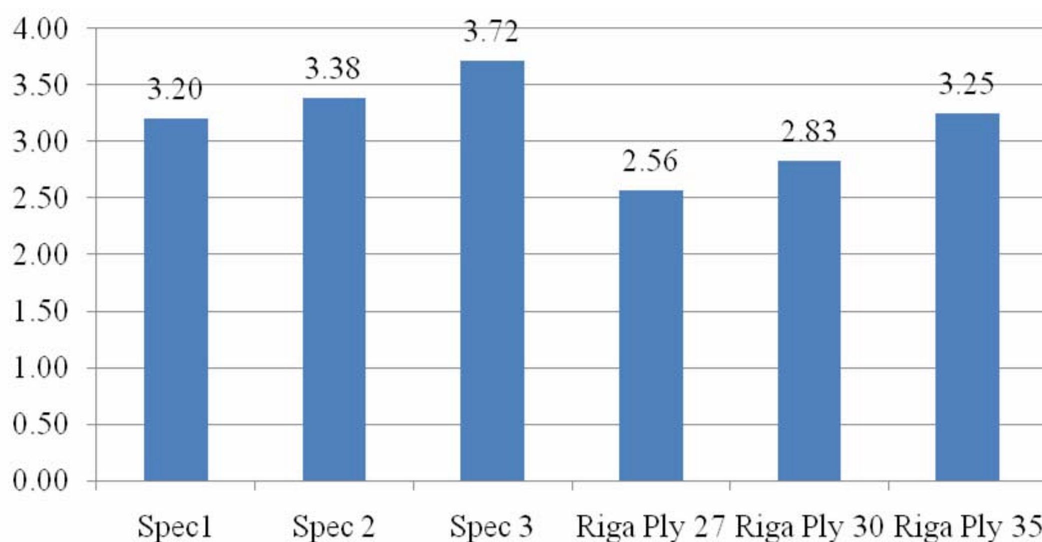
Rezultātu izvērtējums

Ņemot vērā, ka saplākšņiem ir dažāds biezums, tad lai salīdzinātu rezultātus aprēķināta 1 mm platas saplākšņa loksnes īpatnējā stiprība pēc sakarības [2.1].

$$Fmc = \frac{fm \cdot t}{\rho} \quad (2.1.)$$

kur F_{mc} – 1 mm platas saplākšņa loksnes īpatnējā stiprība, N·mm^{-1}/kg·m^{-3};
f_m – lieces stiprība saskaņā ar LVS EN 310, N·mm^{-2};
t – biezums, mm;
ρ – blīvums, kg·m^{-3}.

1 mm platas saplākšņa loksnes lieces īpatnējās stiprības vērtības slogojot izturīgākjā virzienā aplūkojamas attēlā 2.1. Lieces stiprības vērtības noteiktas saskaņā ar LVS EN 310.



2.1. att. 1 mm platas saplākšņa loksnes lieces īpatnējās stiprība, $N\cdot mm^{-1}/kg\cdot m^{-3}$

30 mm un 35 mm biezam saplāksnim dati ņemti no A/S Latvijas Finieris iekšējās kvalitātes kontroles datu apkopojuma. Variējot ar saklājuma shēmu (salīmējot vairākus finierus vienā virzienā) iegūst vairāk nehomogēnu saplāksni, t.i. var skaidri izšķirt mehānisko īpašību atšķirību atkarībā no slogošanas virziena. Speciālās konstrukcijas saplāksnis slogots izturīgākā virzienā var aizstāt tradicionālā saklājuma 35 mm biezu saplāksni. Šāda saplākšņa aizstāšana speciālos gadījumos (gadījumos, kad saplāksnis slogots pārsvarā vienā virzienā) saplākšņa konstrukciju padarītu vieglāku par 5 kg uz 1 m^2 konstrukcijā izmantotā saplākšņa vai gala patērētājs ietaupītu 3.30 LVL uz 1 m^2 izmantojot 28 mm speciālās konstrukcijas saplāksni 35 mm vietā.

2.3 Jauna kompozītmateriāla izgatavošana

2.3.1 Slāņaino plātņu izgatavošana, izmantojot nekoksnes materiālus

Koksnes mehānisko īpašības var uzlabot ar metāla vai polimēra konstrukcijām. Koksnes mehānisko īpašību uzlabošana ar metāla konstrukcijām ir pazīstama jau ļoti sen. Galvenokārt izmantoja metāla plāksnes, troses, stieņus. Galvenā problēma, kas radās uzlabojot koksnes mehāniskās īpašības ar metāla elementiem ir to pielīmēšana pie koksnes. Tā kā šie materiāli ir ļoti dažādi, tad rodas grūtības nodrošināt labu adhēziju dažādu ciklisku ārējo faktoru (mitruma, temperatūras vai slodzes) iedarbībā.

Runājot par mehānisko īpašību uzlabošanu izmantojot polimērmateriālus var izdalīt trīs galvenos materiāla tipus– stikla šķiedra, oglekļa/grafīta šķiedra un sintētiskās šķiedras (kevlars, aramīds u.c.). Ņemot vērā ekonomiskos nosacījumu visplašāk pielieto stikla šķiedru, kura ir lētākais materiāls no augstāk minētajiem.

Plašāk sastopamo sintētisko šķiedru veidi.

Stikla šķiedras

Komercializēta pagājušā gadsimta 30-jos gados. Galvenā sastāvdaļa silīcija oksīds SiO_2. Stikla šķiedrai piemīt augsta cietība, korozijas izturība, viegla masa un elastīgums, un šīs materiāls nav dārgs. Stikla šķiedra iedalās atkarībā no tās īpašībām E stikla šķiedra – elektro industrijā, S– ar augstu stiprību, C– augstu korozijas izturību, D– diaelektriska.

Oglekļa šķiedras

Komercializēta pagājušā gadsimta 60-jos gados. Oglekļa šķiedras ir ar augstu stiprību, ķīmisko izturību un mazu masu. Oglekļa šķiedras ir daudzkārt stiprākas un stingākas nekā stikla šķiedra, taču tās ir arī daudzkārt dārgākas. Ņemot vērā tehnoloģiju attīstību un pieprasījuma palielināšanos pēc oglekļa šķiedrām sagaidāms, ka turpmākos gados to cena varētu daudzkārtīgi pazemināties, tādejādi nodrošinot jaunas tirgus nišas.

Polimēru šķiedras

Polimēru šķiedrām piemīt augsta stiprība un stingums. Viena no plašāk izplatītākām ir Kevlara šķiedras, kuru komercializācija sākās pagājušā gadsimta 80 gados. Mūsdienās tās pielieto dažādās konstrukcijās, ballistiskās aizsardzības produktos, virvju- kabeļu ražošanā.

Pielietojot nekoksnes materiālus koksnes plātņu mehānisko īpašību uzlabošana svarīgs faktors ir šī nekoksnes materiāla īpašību līdzība ar koksni. Piemēram, aplīmējot koksnes produktu ar nekoksnes materiālu un pēc tam iedarbojoties uz šī jaunā kompozītmateriāla ar straujām temperatūras svārstībām ir ļoti nozīmīgi, lai abu šo materiālu termālās izplešanās koeficients maksimāli sakristu. Pretējā gadījumā var notikt līmes šuves sagrāve termālo deformāciju rezultātā.

Plašāk pielietojamo šķiedru īpašības aplūkojamas tabulā 2.15.

2.15. tabula

Izplatītāko šķiedru īpašības (Sheldon 2002)

Šķiedru veids	Diametrs, μm	Blīvums, kg·m $^{-3}$	Elastības modulis stiepē, GPa	Stiprība stiepē, GPa
Stikla šķiedra				
E	8 -14	2540	72.4	3.45
C	-	2490	68.9	3.16
S	10	2490	85.5	4.59
Oglekļa šķiedras				
PAN	10-11	1670 – 1900	228-517	1.72 – 2.93
Pitch	10 -11	2020	345	1.72
RAyon	6.5	1530 – 1660	41 – 393	0.62 – 2.20
Polimēru šķiedras				
Kevlars 29	12	1440	62	2.76
Kevlars 49	12	1480	131	2.80 – 3.79
Kevlars 149	-	1470	179	3.62
Spectra 900	38	970	117	2.58
Saplāksnis[a]	-	450-700	6.89 – 13.1	0.01- 0.03

[a] – dati no (Forest Product Laboratory, 1999)

Viens no iespējamiem veidiem kā uzlabot mehāniskās īpašības koksnes plātnēm var būt stikla šķiedras diegu ielīmēšana koksnes plātnē visā tās šķērsgriezumā. Šādi eksperimenti veikti ražojot koksnes daļiņu brusas ar augstuma un platuma attiecību 4:2 (Saucier un Holman, 1975). Autori ziņo par nozīmīgu lieces īpašību uzlabošanos vairāk kā 40%.Stikla šķiedras apjoms aptuveni 2% no kompozīta masas.

Koksnes mehānisko īpašību uzlabošanai ar stikla šķiedru pirmsākumi meklējami pagājušā gadsimta 60. gados. 70. gados Amerikas saplākšņu asociācija veica pētījumus par saplākšņa mehānisko īpašību uzlabošu izmantojot neorientētu stiklašķiedru, sacirstu šķiedru klājumu un audumu, pielīmētu ar vinilestera un poliestera sveķiem. Iegūtās plātnes bija izturīgas, viegli apstrādājamas un labojamas (American Plywood Association 1972).

Biblis and Carino (2000) ziņo, ka 5 kārtu saplāksnis (kārtu biezums, arējās un centrālā 2.5mm, šķērsfinieri 3.2mm) pārklāts ar tirdzniecībā pieejamu stikla šķiedru piesūcinātu ar poliesteru sveķiem (610 gm^{-2}) lieces elastības modulis un stiprība uzlabota par 22 un 34% respektīvi. Presēšanas režīms – temperatūra 137ºC, laiks 16min, spiediens 1.2 MPa.

Spaun (1981) ziņo, ka stikla šķiedra apstrādāta ar aminosilanu nodrošina labas adhēzijas īpašības ar fenola rezorcīna sveķu līmi. Stikla šķiedras un koksnes līmējuma šuve spēja izturēt (neatlīmējās) koksnes dimensiju izmaiņas gadījumos, kad mainījās mitruma saturs. Aplīmējot saaudzētu (bezdelīgastes savienojums) masīvkoka koksni ar stikla šķiedru būtiski uzlabojas lieces elastības modulis un stiepes stiprība.

Zhiyong (2006) veicis eksperimentus ar mērķi uzlabot MDF un kokšķiedru plātņu mehāniskās īpašības izmantojot stikla šķiedras klājumu, kas satur ap 50 % fenola formaldehīda sveķus. Kopējā stikla šķiedras masa bija ap 3,5% no koksnes masas un deva 12 un 16% lieces stiprības palielināšanos 13 mm plātnēm.

Mehānisko īpašību pastiprinošā materiāla īpašības ir atkarīgas no materiāla sastāvdaļām (piem. šķiedras veida, pildvielas u.c.) un to uzbūves (piem., orientētas, neorientētas daļiņas utml.).

Galvenie faktori, kas ierobežo nekoksnes materiālu izmantošanu koksnes plātņu mehānisko īpašību uzlabošanai

a) Materiāla augstas izmaksas. Augsta materiāla izmaksas ir viens no galvenajiem iemesliem, kas liedz izgatavot izmaksu efektīvu produktu ar augstām mehāniskām īpašībām. Tāpēc šādi kompozīti pārsvarā tiek lietoti, jau esošu konstrukciju pastiprināšanai vai nozarēs, kur nepieciešama augsta stiprības un masas attiecība (piem. kuģubūve, aviobūve).

b) Tehnoloģijas izmaksas. Vai ir iespējams ieviest izmaksu efektīvu produkta ražošanu?

c) Dzīves cikla izvērtēšana. Ir nepieciešami pētījumi kā dažādi faktori (piem. vides - temperatūras un mitruma izmaiņas, materiāla novecošana u.c. faktori) ietekmē koksnes plātnes uzlabotas ar nekoksnes materiāliem.

d) Materiāla adhēzija. Viens no svarīgākām kompozītmateriāla īpašībām ir „sistēmas" stabilitāte, izmantojot esošās tehnoloģijas un nepalielinot laikietilpību.

Jefferies (1972) sniedz trīs veida kravas konteineru materiālu salīdzinājumu. Savā rakstā viņš norāda uz trim galvenajiem konteinera izgatavošanas materiāliem:

- metāla konteineri;
- alumīnija konteineri;
- stikla šķiedras pastiprināta saplākšņa konteineri.

Šo konteineru plusi un mīnusi apkopoti tabulā 2.16.

2.16. tabula

Kravas konteineru izgatavošanas materiālu novērtējums

Konteinera veids	Priekšrocības	Trūkumi
metāla	zemas sākuma izmaksas;	augsta masa korozija deformējas triecienu rezultātā augstas remonta izmaksas
alumīnija	izturīgi pret koroziju zemāka masa nekā metāla konteineriem	Izmaksas par 50% augstākas nekā metāla konteineriem elektrolītiski uzņēmīgs viegli deformējas triecienu rezultātā
saplāksnis	Zema masas Augsta stiprība un elastība	Hidroskopisks materiāls – nepieciešams pārklāt ar aizsarg materiāliem
ar stikla šķiedru uzlabots saplāksnis	Materiāls ir izturīgāks pret triecieniem nekā alumīnijs vai metāls, nenozīmīgas paliekošu deformācijas Stikla šķiedras pārklājums pasargā no nelabvēlīgas vides iedarbības Labākas siltumizolācijas spējas nekā metālam vai alumīnijam Zemas remonta izmaksas	

Eksperimentālais darbs

Bērza saplāksnis (biezums 9 mm, saklājuma shēma septiņi 1.4 mm biezi bērza finieri blakus esošo finieru šķiedru virziens perpendikulārs) aplīmēts ar stikla šķiedru. Eksperimentā izmantots 2 veidu stikla šķiedras produkti 1) stikla šķiedras pre-pregs – stikla šķiedras siets vai audums piesūcināts ar epoksīda sveķiem. Epoksīda sveķi termoreaktīvi. 2) stikla šķiedras audums, lai uzlabotu adhēziju ar fenola formaldehīda līmi, audums apstrādāts ar eļļotāju, kurš satur amino un vinil funkcionālās grupas.

Stikla šķiedras produktu apraksts atrodams 2.17 tabulā.

2.17. tabula

Stikla šķiedras veidi

Apzīmējums	KN G 310.1	KN G 500 M4	TG – 200P-1
Ražotājs/ no kā saņemts	P-D Glasseiden GmbH Oschatz	P-D Glasseiden GmbH Oschatz	a/s Vlamieras stikla šķiedra
Parauga apraksts			
Virsmas blīvums, g/m^2	310	500	200
Apdares veids	Epoxida	Epoxida	302P eļļotājs
Struktūra	biaxiāla	multiaxiāla	audekla pinums
Foto:			

Eksperimenta uzdevumi:

- novērtēt stikla šķiedras pre- pregu un auduma adhēziju ar bērza saplākjsni;
- noteikt lieces īpašības saskaņā ar LVS EN 310 „Koka skaidu plāksnes - Elastības moduļa un lieces spēka noteikšana" 9 mm biezam bērza saplāksnim aplīmētam no vienas puses ar stikla šķiedru.

Metodika

Adhēzijas novērtēšana

Stikla šķiedras pre pregu KN G 310.1 un KN G 500 M4 gabaliņi novietoti uz saplākšņa Riga Ply 9 mm. Paraugu gabaliņi izgriezti tādā veidā, lai viena mala būtu nepiesūcināta ar sveķiem.

Stikla šķiedras audums TG -200P-1 novietots uz saplākšņa Riga Ply 9 mm, zem tā un virs tā novieto fenola formaldehīda sveķiem piesūcinātu papīru– laminātu ar masu 220 g/m^2.

Saplāksnis ievietots karstajā presē un dažādos presēšanas režīmos sapresēts, presēšanas režīmi tabulā 2.18.

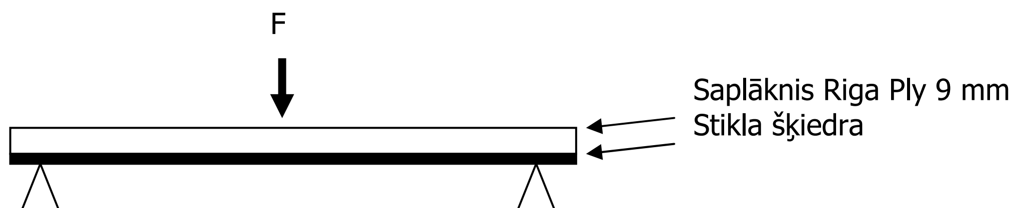
2.18. tabula

Režīms Npk	Spiediens, MPa	Temperatūra, ºC	Pilna spiediena laiks, min	Spiediena samazināšanas laiks, min
1		140	9	1
2		150	9	1
3		150	11	1
4		150	13	1

Rezultātu izvērtēšana: paraugus mēģina atdalīt no saplākšņa paņemot ar roku aiz nepielipušās daļas (pre-pregu gadījumā tur kur tie nav piesūcināti ar epoksīda sveķiem; TP 200 auduma gadījumā daļa auduma atstāj nepārklāta ar laminātu).

Stiprības liecē pārbaude

Ar stikla šķiedras pre-pregiem aplīmē paraugu apakšējo virsmu- tādejādi testa laikā tā tiek pakļauta maksimālam stiepes spēkam. Pārbaudes shēma redzama 2.2. attēlā.



2.2. att. Pārbaudes principiālā shēma

Lieces tests saskaņā ar LVS EN 310 aprakstīto metodiku. Saplākšņa virskārtu šķiedru virziens paralēli parauga garenasij.

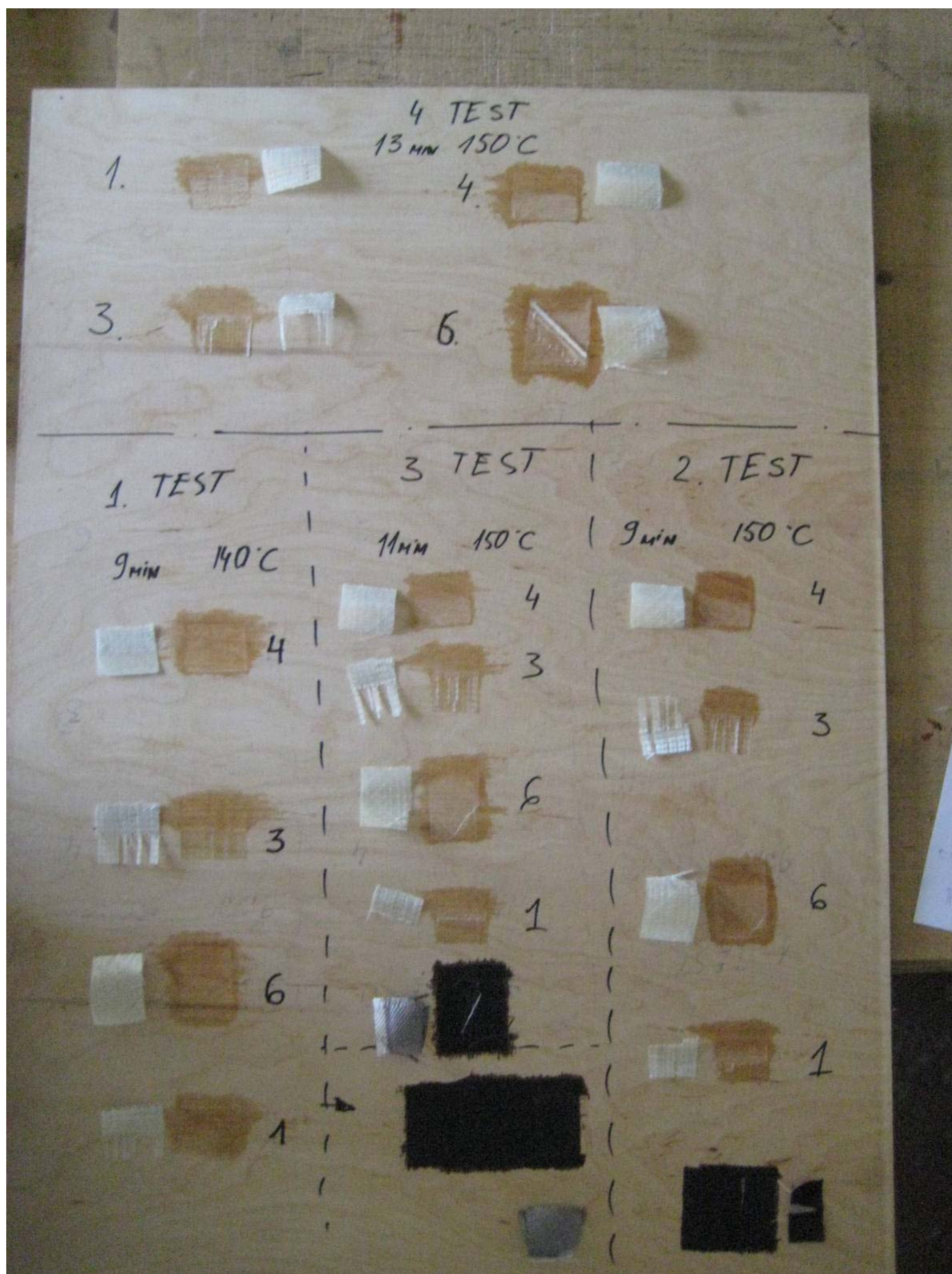
Pārbaudes veiktas 4 paraugiem pre-prega variantiem.

Rezultāti:

Adhēzijas novērtēšana

Paraugi Nr 3 un 1 vislabāk pielīmējās pie saplākšņa. Testa rezultātu izvērtēšana ir subjektīva (paraugi atdalīti ar roku), likās, ka 2 un 3 presēšanas režīmi būtiski neatšķiras. Paraugus 4 un 6 bija vieglāk atdalīt no koksnes un kā redzams attēlā B atdalot no koksnes tos gandrīz pilnībā varēja noplēst. Izturot pēc presēšanas režīmiem 3 un 4 varam novērot, ka šos paraugus daļēji nevar atdalīt no koksnes.

Stikla šķiedra TG-200P-1 visos gadījumos atdalījās viegli. Kā iemesls var tikt minēta šī auduma struktūra, tā ir diezgan cieša un neļauj līmvielai izspiesties cauri (skat. 2.3. att.).



2.3. att. Adhēzijas tests

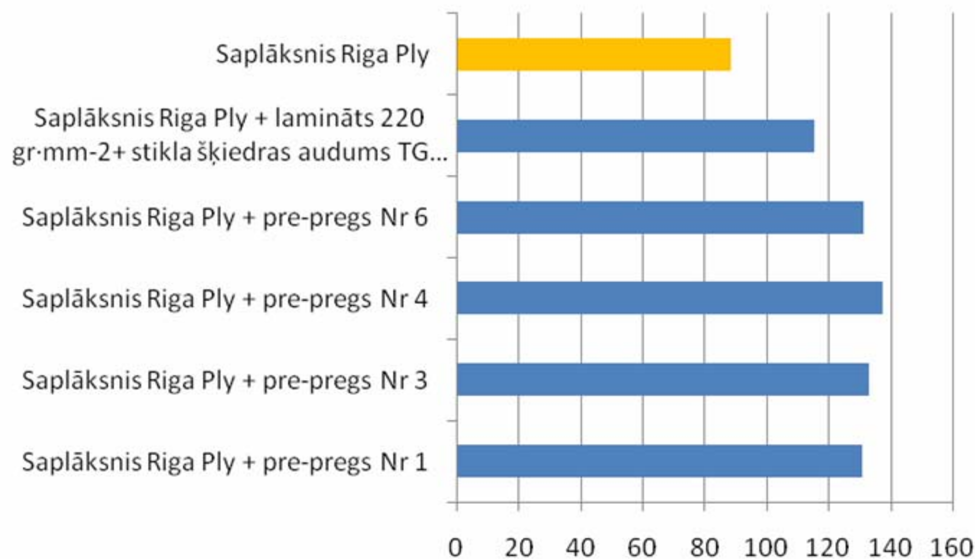
Izvērtējot rezultātus pieņemts lēmums stikla šķiedras paraugus 3 un 1 salīmēt saskaņā ar presēšanas režīmu Nr. 3 (lai būtu pārliecīga, ka iegūta laba adhēzija). Paraugus 4 un 6, kā arī stikla šķiedras audumu saskaņā ar presēšanas režīmu Nr 4.

Lieces stiprības pārbaude

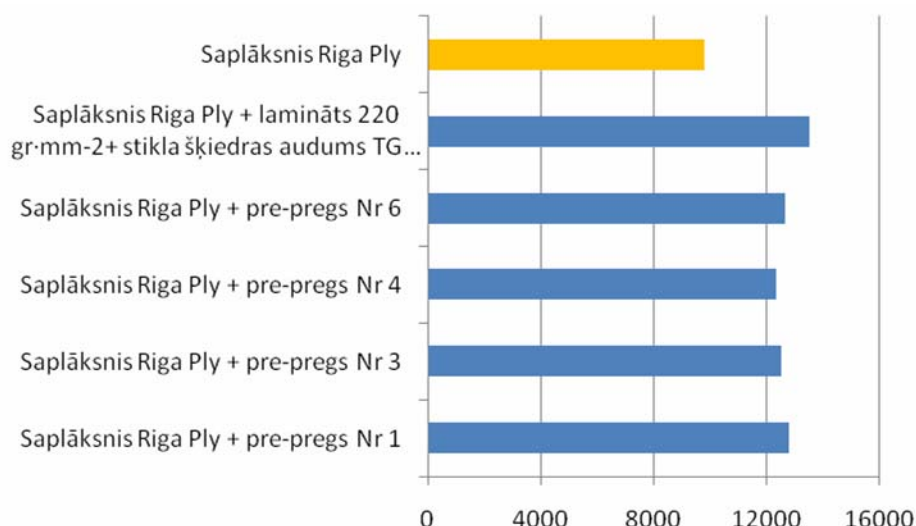
Lieces stiprības un elastības moduļa pārbaudes rezultāti aplūkojami tabulā 2.19., rezultātu grafiskais attēlojums attēlos 2.4. un 2.5.

2.19. tabula

Paraugs	Biezums, mm	Lieces	
		stiprība, N/mm^2	elastības mod., N/mm^2
Saplāksnis Riga Ply + pre-pregs Nr 1	9	130.8	12788
Saplāksnis Riga Ply + pre-pregs Nr 3	9	132.9	12506
Saplāksnis Riga Ply + pre-pregs Nr 4	9	137.6	12329
Saplāksnis Riga Ply + pre-pregs Nr 6	9	131.4	12667
Saplāksnis Riga Ply + lamināts 220 gr·mm^{-2}+ stikla šķiedras audums TG 200 + lamināts 220 gr·mm^{-2}	9	115.6	13515
Saplāksnis Riga Ply	9	88.5	9804



2.4. att. Lieces stiprības salīdzinājums, N·mm^{-2}



2.5. att. Lieces elastības moduļa salīdzinājums, N·mm^{-2}

Secinājumi

1 Stikla šķiedras produkti demonstrē lielisku iespēju uzlabot bērza saplākšņa mehāniskās īpašības. 9 mm biezs bērza saplāksni aplīmēta ar stikla šķiedru uzrāda augstākus stiprības rādītājus robežās no 30 līdz 55 % un augstāku elastības moduli robežās 25 līdz 37 %.

2 Stikla šķiedras audums TG 200 uzrāda zemu adhēziju ar saplāksni. To viegli atdalīt no saplākšņa virsmas. Kā viens no iemesliem varētu būt, tas, ka šīs audums cieši noausts un līmviela nespēj izspiesties tam cauri un tādejādi neizveidojas savstarpējās saites. Apakšējais lamināts labi pielīp pie koksnes, taču augšējais nespēj sasaistīties ar apakšējo (līmviela nespēj caur spiesties) un tajā pašā laikā stikla šķiedra arī neveido saites ar fenola formaldehīda sveķiem.

3 Vislabākā adhēzija novērota pre-pregam 1 un 3. pie presēšanas režīma temperatūra 150 ºC un laiks 11 min. Saplākšņa laminēšanas režīms ar fenola formaldehīda sveķiem piesūcinātu papīru ir - presēšanas režīma temperatūra 130 ºC un laiks 7 min.

Ierosinājumi

1 Turpināt pētījumus ar mērķi izveidot termoreaktīvu saistvielu, kura atbilstu saplākšņa laminēšanas režīmiem. Režīmam jābūt tuvinātam esošiem laminēšanas režīmiem, lai nepalielinātu saplākšņa laminēšanas izmaksas.

2 Nepieciešami turpmākie pētījumi par dažādu stikla šķiedras produktu (pre-pregu, audumu un dažādu stikla šķiedras sietu) izmantošanu saplākšņa mehānisko īpašību uzlabošanai ar mērķi iegūt izmaksas efektīvu ražošanu un gala produktu.

3 Veikt pētījumus ar biezāku saplāksni ar mērķi noskaidrot kādā mērā reducējās mehānisko īpašību uzlabojums palielinoties saplākšņa biezumam.

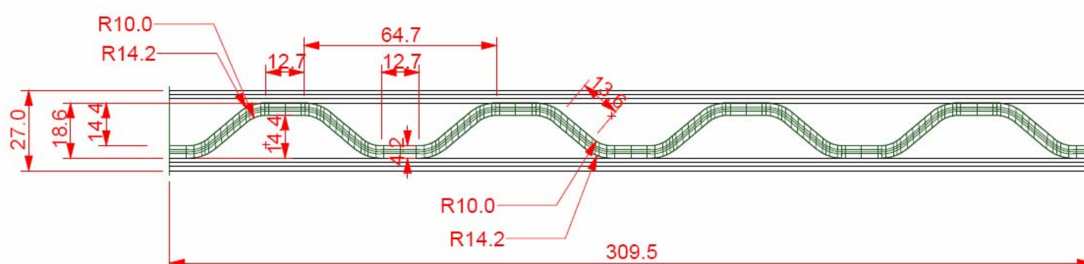
2.3.2 3D plātņu izveide

Trīs dimensiju (3D) struktūra plātņu materiāliem palielina materiāla stingumu un nespēju. Šādas struktūras plaši pazīstamas metāla un plastmasu industrijā. Viens no plašāk pazīstamiem piemēriem ir gofrētais kartons, kur izmantojot salocīta papīra vidus kārtu aplīmētu ar tādu pašu papīru, iegūts augstas stiprības izstrādājums.

3D koksnes plātnes iespējamie pielietojumi var būt sekojoši:

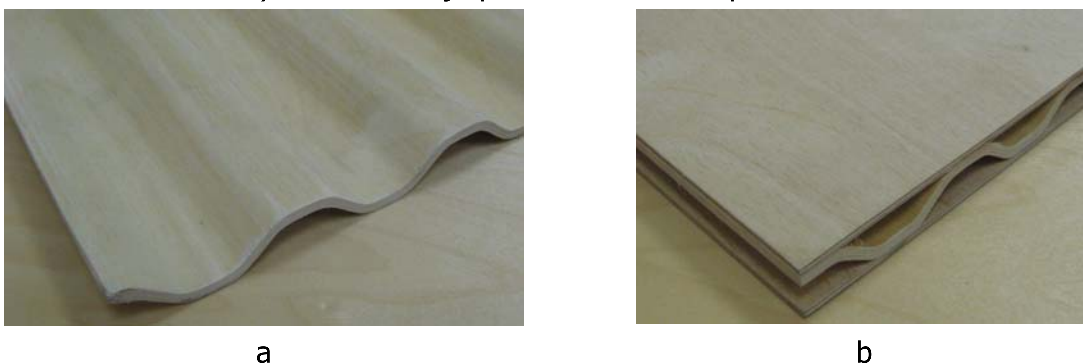
- norobežojošais elements, piemēram, konteineru sienas, biroja darba zonas u.c.
- nesošais elements, pārseguma sijas;
- pārseguma plātnes.

Trīs dimensiju saplākšņa plātne ražota no septiņiem 0.8 mm bieziem bērza finieriem, kuru blakus esošo kārtu šķiedru virziens vienam pret otru ir perpendikulārs (skat. att. 2.6.).



2.6. att. 3D plātnes shēma (modelis „3D spec 1”), aplīmēta ar bērza saplāksni

Pirmā modeļa 3D plātnes izgatavotas rūpnīcā Latvijas Bērzs speciālā presformās. Finieris salīmēti ar ūdens dispersijas līmi Calcolit 1974, cietinātājs 1993 izocianāta MDI (Casco Adhesives Akzo Nobel). Trīs dimensiju plātnes attēlu var aplūkot attēlā 2.7.



a b

2.7. att. Trīs dimensiju plātne:

a) trīs dimensiju plātne; b) trīs dimensiju plātne aplīmēta ar saplāksni

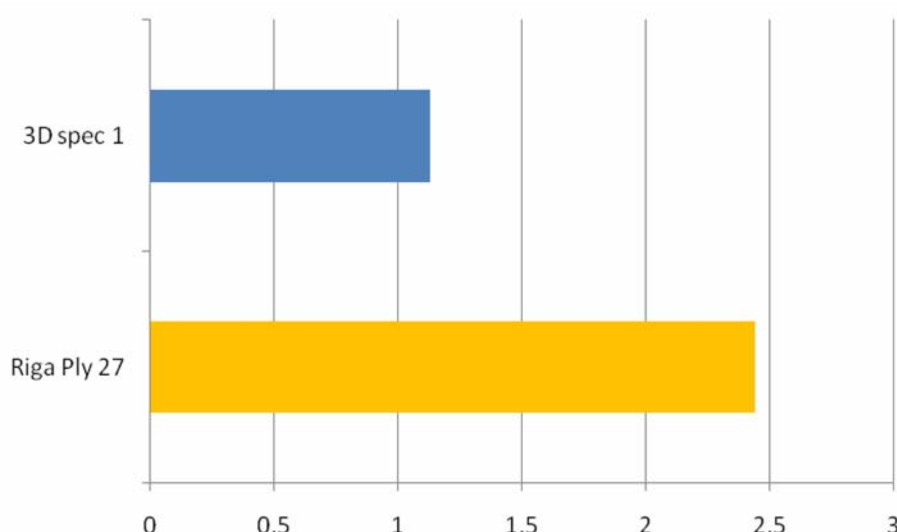
Mērķis pirmajam modelim ir izvērtēt 3D saplākšņa ražošanas iespējas, identificēt problēmas un iegūt izejas datus tālākai 3D modeļa izstrādei. Blīvums šādai plātnei aplīmētai ar 4 mm bērza saplāksni ir 381 $kg \cdot m^{-3}$. Lieces stiprības un elastības moduļa vērtības palūkojamas tabulā 2.20.

2.20. tabula

3D saplākšņa plātņu lieces īpašības

Saplākšņa veids	Biezums, mm	Blīvums, $kg \cdot m^{-3}$	Lieces stiprība, $N \cdot mm^{-2}$		Elastības modulis liecē, $N \cdot mm^{-2}$	
			Paralēli šķiedru virzienam	Perpendikulāri šķiedru virziem	Paralēli šķiedru virzienam	Perpendikulāri šķiedru virziem
3D spec 1	27.09	381	15.9	9.3	8888	8943

3D saplākšņa plātnes (3D spec 1) īpatnējās stiprības salīdzinājums ar 27 mm biezu bērza saplāksni aplūkojams 2.8. attēlā.



2.8. att. 1 mm plata saplākšņa lieces īpatnējās stiprība, $N \cdot mm^{-1}/kg \cdot m^{-3}$

1 mm platas saplākšņa loksnes lieces īpatnējās stiprība uzrāda, ka 3D modelim vērtība ir par 50 % sliktāka. Ņemot vērā eksperimenta gaitā novēroto 3D plātnes lūšanu, jāsecina, ka šajā modelī netiek pilnvērtīgi izmantots 3D vidus kārta. Lai pilnvērtīgi izmantotu vidus kārtu plātnes ārējie saplākšņi var būt biezāki, jo modelis salūza lieces spēku ietekmē - bloka komponentu sekundārā līmējuma šuvēs un pēc tam sagraujot katru komponenti atsevišķi. 3D plātnes lieces pretestību liekumu garenvirzienā, būtu lietderīgi ārējās kārtās izmantot vismaz 5-kārtu saplāksni, kas pats par sevi jau ir formas noturīgāks nekā šinī gadījumā izmantotais 3-kārtu saplāksnis. 3D saplāksnis vidus kārtā un līmes šuve, starp ārējo saplāksni un vidus kārtu, izturēja cirpes spēkus.

Secinājumi

1 Modeli „3D spec 1" var izgatavot no septiņiem 0.8 mm bieziem finieriem. Izliekuma rādiusu vietās nav novērojama finieru lūšanas pazīmes.

2 Ir iegūts saplākšņa produkts ar tilpummasu 2x mazāku kā tāda paša biezuma pilna saklājuma saplāksnim.

3 Modeļa „3D spec 1" īpatnējā stiprība ir zemāka nekā 27 mm biezam bērza saplāksnim.

4 Ņemot vērā augstāk minēto noskaidrots, ka pirmā modeļa potenciāls nav izsmelts un iegūti izejas dati turpmāko pētījumu veikšanai.

5 Lai paugstinātu konstrukcijas kopējo noturību 3D formas detaļai būtu jāpalielina formas horizontālās zonas laukums , bet tas palielina arī tukšās zonas laukumu pretējā pusē. Ir jāatrod šo attiecību optimālā vērtiba. Mainot arī līkuma leņkus un radiusus cenšoties samazināt 3D formas soļa garumu.

Ierosinājumi

1 Nepieciešams turpmākais darbs pie 3D saplākšņa modeļa optimizēšanas variējot ar finieru kārtu biezumiem, 3D saplākšņa (vidus kārtas) izmēriem un formu, ārējo saplākšņa saklājuma shēmām, līdz tiek sasniegti optimālie parametri.

3 JAUNĀ KOMPOZĪTMATERIĀLA RAŽOŠANAS PAŅĒMIENA IZSTRĀDE

Iesāktie pētījumi jāturpina ar mērķi izveidot termoreaktīvu saistvielu, kura atbilstu saplākšņa laminēšanas režīmiem. Režīmam jābūt tuvinātam esošiem laminēšanas režīmiem, lai nepalielinātu saplākšņa laminēšanas izmaksas.

Nepieciešami arī turpmākie pētījumi par dažādu stikla šķiedras produktu (pre-pregu, audumu un dažādu stikla šķiedras sietu) izmantošanu saplākšņa mehānisko īpašību uzlabošanai ar mērķi iegūt izmaksas efektīvu ražošanu un gala produktu.

Nepieciešams turpināt darbu pie 3D saplākšņa modeļa optimizēšanas, variējot ar finieru kārtu biezumiem, 3D saplākšņa (vidus kārtas) izmēriem un formu, ārējo saplākšņa saklājuma shēmām, līdz tiek sasniegti optimālie parametri.

Pēc BS 6853 pārbaužu rezultātu saņemšanas veikt rezultātu analīzi ar mērķi izvērtēt nepieciešamību, uzlabot bērza saplākšņa degšanas īpašības. Nepieciešamības gadījumā veikt pētījumus par degšanas īpašību uzlabošanu.

Pētījumu un tehnoloģijas izstrādi paredzēts veikt projekta 2. gadā, attīstot iespējamos jauniegūtā kompozītmateriāla izstrādes paņēmienus.

Projekta realizācijas 1. gada kopsavilkums

Secinājumi

1 Saplākšņa patēriņam Eiropas Savienības valstīs iepriekšējos gadus bija augoša tendence, pēdējos divos gados tirgus saskārās ar svārstībām, kuras sākumā izsauca straujš ražošanas izmaksu kāpums un šodien tirgus atrodas recesijā pasaules ekonomiskās krīzes ietekmē.

2 Ekonomiskās krīzes apstākļos nepieciešams pievērst pastiprinātu uzmanību kvalitatīvu produktu ražošanai. Kvalitātes jēdzienā ietverot ne tikai tradicionāli saprotamu produktu īpašību kvalitāti, bet arī kvalitatīvus (izmaksu efektīvu) ražošanas paņēmienus un apkārtējās vides nekaitīgumu.

3 Ražotājam jāsper soļi pretī patērētājam ar mērķi piedāvāt produktu, kas maksimāli apmierina patērētāja izvirzītās prasības. Izmantojot nelielus inovatīvus risinājumus, ražotājs var gūt būtiskas priekšrocības pastiprinātas konkurences apstākļos.

4 Cieto lapu koku saplāksnis ieņem unikālu pozīciju transporta industrijā pateicoties labai masas – stiprības attiecībai, cenai, enerģijas ietilpībai u.c. īpašībām.

5 Transporta industriju reglamentējošajos likumdošanas dokumentos ir noteiktas vispārējas prasības (galvenās vadlīnijas, kas jāievēro). Starptautiskajos standartos (EN, ISO) noteiktās prasības un pārbaužu metodes absolūti dominējošā daudzumā ir par drošības, darba vides, ekoloģiskiem jautājumiem. Palielinās ISO standartu daudzums, kas bez izmaiņām tiek adaptēti kā EN. Pasaules globalizācijas procesā pieaug ISO standartu pielietojums.

6 „Rūpnieciskie" standarti plašā pielietojuma dēļ aizvien biežāk tiek neoficiāli akceptēti kā likumdošanas akti.

7 Noteiktas lieces īpašības standarta bērza saplāksnim Riga Ply saskaņā ar LVS EN 310 un LVS EN 789.

8 Speciālās konstrukcijas bērza saplāksnim „Spec 2" vienā virzienā lieces stiprība ir par 30 % un elastības modulis ir par 11 % augstāks nekā standarta bērza saplāksnim ar biezumu 27 mm saskaņā ar LVS EN 310 rezultātiem.

9 Speciālās konstrukcijas bērza saplāksnim „Spec 3" vienā virzienā lieces stiprība un elastības modulis ir par 25 % augstāks nekā standarta bērza saplāksnim ar biezumu 30 mm saskaņā ar LVS EN 310 rezultātiem.

10 Speciālās konstrukcijas saplākšņi izpilda lieces stiprības un elastības prasības saskaņā ar auto piekabju ražotāju prasībām.

11 Stikla šķiedras produkti demonstrē lielisku iespēju uzlabot bērza saplākšņa mehāniskās īpašības. 9 mm biezs bērza saplāksnis aplīmēts ar stikla šķiedru uzrāda augstākus stiprības rādītājus robežās no 30 līdz 55 % un augstāku elastības moduli robežās 25 līdz 37 %.

12 Stikla šķiedras audums TG 200 uzrāda zemu adhēziju ar saplāksni. To viegli atdalīt no saplākšņa virsmas. Kā viens no iemesliem varētu būt tas, ka šis audums cieši noausts un līmviela nespēj izspiesties tam cauri un tādejādi neizveidojas savstarpējās saites. Apakšējais lamināts labi pielīp pie koksnes, taču augšējais nespēj sasaistīties ar apakšējo (līmviela nespēj caur spiesties) un tajā pašā laikā stikla šķiedra arī neveido saites ar fenola formaldehīda sveķiem.

13 Vislabākā adhēzija novērota „pre-pregam" 1. un 3. pie presēšanas režīma - temperatūra 150 ºC un laiks 11 min. Saplākšņa laminēšanas režīms ar fenola formaldehīda sveķiem piesūcinātu papīru ir - presēšanas režīma temperatūra 130 ºC un laiks 7 min.

14 Modeli „3D spec 1" var izgatavot no septiņiem 0.8 mm bieziem finieriem. Izliekuma rādiusu vietās nav novērojama finieru lūšanas pazīmes.

15 Ir iegūts saplākšņa produkts ar 2x mazāku blīvumu kā tāda paša biezuma pilna saklājuma saplāksnim.

16 Modeļa „3D spec 1" īpatnējā stiprība ir zemāka nekā 27 mm biezam bērza saplāksnim.
17 Ņemot vērā augstāk minēto, noskaidrots, ka pirmā modeļa potenciāls nav izsmelts un iegūti izejas dati turpmāko pētījumu veikšanai.
18 Lai paaugstinātu konstrukcijas kopējo noturību, 3D formas detaļai būtu jāpalielina formas horizontālās zonas laukums, bet tas palielina arī tukšās zonas laukumu pretējā pusē. Ir jāatrod šo attiecību optimālā vērtība, mainot liekuma leņķus un rādiusus, cenšoties samazināt 3D formas soļa garumu.
19 Ugunsdrošības pārbaudes metodes un maksimālās pieļaujamās vērtības variē gan dažādu valstu, gan transporta industrijā koncernu robežās. Taču veicot pārbaudes saskaņā ar BS 6853, ir iespējams gūt priekšstatu un paredzēt produkta atbilstību vairums no normatīvajiem dokumentiem.
20 Bērza saplākšņus Riga Ply, Riga Form un Riga Tex biezumā no 6.5 līdz 12 mm var izmantot M3 kategorijas auto transporta līdzekļu ražošanai.

Ierosinājumi

1 Risināt jautājumu par ISO standartu pieejamību „Latvijas Standarta" bibliotēkā.
2 LVS TK 38 „Kokmateriāli" uzsākt sadarbību ar CEN TC 301, ISO TC 22 un ISO TC 110.
3 Turpināt pētījumus ar mērķi izveidot termoreaktīvu saistvielu, kura atbilstu saplākšņa laminēšanas režīmiem. Režīmam jābūt tuvinātam esošiem laminēšanas režīmiem, lai nepalielinātu saplākšņa laminēšanas izmaksas.
4 Nepieciešami turpmākie pētījumi par dažādu stikla šķiedras produktu (pre-pregu, audumu un dažādu stikla šķiedras sietu) izmantošanu saplākšņa mehānisko īpašību uzlabošanai ar mērķi iegūt izmaksas efektīvu ražošanu un gala produktu.
5 Veikt pētījumus ar biezāku saplāksni ar mērķi noskaidrot, kādā mērā reducējas mehānisko īpašību uzlabojums, palielinoties saplākšņa biezumam.
6 Nepieciešams turpināt darbu pie 3D saplākšņa modeļa optimizēšanas, variējot ar finieru kārtu biezumiem, 3D saplākšņa (vidus kārtas) izmēriem un formu, ārējo saplākšņa saklājuma shēmām, līdz tiek sasniegti optimālie parametri.
7 Pēc BS 6853 pārbaužu rezultātu saņemšanas veikt rezultātu analīzi ar mērķi izvērtēt nepieciešamību, uzlabot bērza saplākšņa degšanas īpašības. Nepieciešamības gadījumā veikt pētījumus par degšanas īpašību uzlabošanu.

Projekta rezultatīvie indikatori

1 Noteiktas lieces īpašības četru veidu bērza saplāksnim saskaņā ar LVS EN 310 un LVS EN 789 standartu metodikām.
2 Izstrādāta trīs dimensiju saplākšņa plātnes, noteiktas lieces īpašības saskaņā ar LVS EN 789.
3 Veikti pētījumi par saplākšņa lieces īpašību uzlabošanu, izmantojot stikla šķiedru. Saražoti paraugi, izmantojot vairāku veidu stikla šķiedru produktus, noteiktas lieces īpašības saskaņā ar LVS EN 310.
4 Pasūtītas saplākšņa degšanas īpašību pārbaudes. Izstrādāti divu veidu saplākšņa produkti ar speciālu pārklājumu degšanas īpašību uzlabošanai. Pārbaudes – turpinās.
5 Iesniegta publikācija „Bending properties of special lay- up plywood", K. Zudrags, S. Ludvigsone – Rudzīte
6 Sagatavots ziņojums „Bending properties of special lay- up plywood" konferencei „Nordic Baltic network in wood material science and engineering", K Zudrags

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

Grāmatas

1 Alann André, Fibres For Strengthening Of Timber Structures. Luleå University of Technology; Luleå, February 2006.

2 American Plywood Association 1972, Basic Panel Properties Plywood Overlaid with Fiberglass-Reinforced Plastic, Research report N119, Part 1.

3 Andersons B. Jauni koksnes kompozītmateriāli. *Baltijas koks*. 2007. 3(83), 38. – 39. lpp.

4 A/S Latvijas Finieris. Saplāksnis treileros un autopiekabēs. *Praktiskā būvniecība*. 2004. Nr.5, 7.lpp.

5 Askeland D. R. The Science and Engineering of Materials, 3d ed., S. Y. Adaptation by Haddleton F., Green P., Robertson H., Chapman&Hall, 1996. 854 p.

6 ASV patents 4816103, 1989, Process for manufacturing corrugated plywood composites.

7 ASV patents 4943339, 1990, Apparatus for manufacturing corrugated plywood composite.

8 ASV Patents 4616991, 1986, Apparatus for the manufacture of a corrugated wafer board panel.

9 ASV Patents 4904517, 1990, Ribbed waferboard product.

10 ASV Patents 5000673, 1991, Process and apparatus for preparing a flat-topped wave-board panel.

11 ASV Patents 742917, 2003, Device for sheet material corrugation.

12 ASV Patents 5443891, 1995, Low amplitude wave-board.

13 ASV Patents 6511567, 2003, Composite building components and method of making same.

14 ASV Patents 7426806, 2008, Reverse molded panel, method of manufacture, and door manufactured therefrom.

15 ASV patents 6773791, 2004, Composite building components, and method of making same.

16 ASV patents 6541097, 2003, Ribbed board.

17 ASV patents 7077988, 2006, Corrugated fiberboard panels for use in the construction of walls, ceilings and floors.

18 ASV patents 7255765, 2007, Method of making a composite building material.

19 Aydin I., Colakoglu G., Hiziroglu S., 2005, Surface characteristics of spruce veneers and shear strength of plywood as a function of log temperature in peeling process, International Journal of Solids and Structures, Volume 43, Issue 20, October 2006, Pages 6140-6147.

20 Aydin I., 2004, Activation of wood surfaces for glue bonds by mechanical pre-treatment and its effects on some properties of veneer surfaces and plywood panels, Applied Surface Science, Volume 233, Issues 1-4, 30 June 2004, Pages 268-274.

21 Bauer F., Sauerland V., Glsel H-J. et.al. Preparation of Scratch and Abrasion Resistant Polymeric Nanocomposites by Monomer Grafting onto Nanoparticles, 3a Effect of Filler Particles and Grafting Agents, Institut fr Oberflchenmodifizierung, *Macromolecular Materials and Engineering*, Leipzig: 2002. 546-552 p. (http://www.cetelon-nanotechnik.de/model/documents/MacmolME2870546-3.pdf).

22 Below C. Surfacing compositions, methods and resulting products. United States Patent 4378402, 29.03.1983.

23 Biblis E. J., Carino H. F., 2000, Flexural properties of southern pine plywood overlaid with fiberglass-reinforced plastic. Forest Products Journal, 50(4), 34-36.

24 Biblis, EJ; Carino, HF, Flexural properties of southern pine plywood overlaid with fiberglass-reinforced plastic, 2005.

25 Blomberg J. Mechanical And Physical Properties Of Semi-Isostatically Densified wood, Doctoral thesis, Luleå University of Technology, LTU Skellefteå Division of Wood Science and Technology, 2006.

26 Bodig J., Jayne B. A. Mechanics of Wood and Wood Composites. Malabar, Florida: Krieger publishing company, 1993. 712 p.

27 Bogner Ben R. Method for strengthening wood products and modified unsaturated polyester resins therefor. United States Patent US 6808788 B2, (Wheaton, IL), 26.10.2004.

28 Borysiuk P., Nowak K. Selected properties of coatings from PE and PP created on plywood. *Annals of Warsaw Agricultural University, Forestry and Wood Technology.* Warsaw Agricultural University Press, Warsaw, Poland: 2006. 58, 86-90. 6 ref.

29 Borysiuk P., Omen J. The influence of accelerated ageing on properties of coatings from thermoplastics created on the surface of plywood. *Annals of Warsaw Agricultural University, Forestry and Wood Technology.* Warsaw Agricultural University Press, Warsaw, Poland: 2006. 58, 91-94. 4 ref.

30 Bowyer J. L., Shmulsky R., Haygreen J.G. Forest Products and Wood Science. An introduction, 4th ed., Iowa State Press, 2003. 554 p.

31 Bureau Martin, Denault Johanne, Lebrun Gilbert. Laminated polymer composite material. United States Patent 20040191441 A1, 30.09.2004.

32 Callum A.S. Hill, Wood modification. Chemical, Thermal and Other processes. John Wiley&Sons, 2006. 239 p.

33 Chow, S. 1975. Minimizing wood surface inactivation at high temperatures by boron compounds. Forest Products Journal 25(5):41-48.

34 Christiansen A.W, 1990, How Overdrying Wood Reduces Its Bonding to Phenol-Formaldehyde Adhesives: A Critical Review of the Literature. Part I. Physical Responses, Wood and Fiber Science, Volume 22, Number 4, 441-459

35 Dagher Habib, Abdel-magid Beckry, Shaler Stephen M. Resin starved impregnated panels, wood composites utilizing said panels and methods of making the same. United States Patent 6281148, 28.08.2001.

36 Dagher Habib, Abdel-magid Beckry. Method of manufacturing reinforced wood composites. US Patent 20010002609, 07.06.2001.

37 Dementjeva A. Kompozītmateriāli. Rīga: RTU, Materiālzinātņu un lietišķās ķīmijas fakultāte, 2003. (www.atlants.lv).

38 Dix, B.; Meinlschmidt, P.; Thole, V., 2007, Lightweight particleboards made from annual and perennial plants, International Panel Products Symposium 2007. Proceedings: Cardiff, Wales, UK

39 Dundara T., Asa N., Korkut S., Unsala O., 2008 The effect of boiling time on the surface roughness of rotary-cut veneers from oriental beech (Fagus orientalis L.) Building and Environment, Volume 43, Issue 4, April 2008, Pages 469-474.

40 Evangelos Biblis J., Carino Honorio F. Flexural Properties Of Southern Pine Plywood Overlaid With Fiberglass-Reinforced Plastic. *Forest Products Journal*. 01.04.2000.

41 Faust, T.D., Rice, J.T., 1986. Effect of veneer surface roughness on glue bond quality southern pine. For. Prod. J. 36 (4), 57–62.

42 Forest Products laboratory, 1999, Wood handbook – Wood as an engineering material. General technical Report FPL-GTR-113, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 463 p.

43 FEIC Annual report. 2007-2008. General Assembly. Vienna, Austria 10-11 July 2008.

44 Glover Clinton G., Markley Jack H., Young Patrick J. End trim plywood process. United States Patent 3970497, 20.07.1976.

45 Hancock, W.V. 1963. Effect of heat treatment on the surface of Douglas-fir veneer. Forest Product Journal 13(2):81-88.

46 Heikkila Kurt E., Garofalo Anthony L. Fiber reinforced thermoplastic structural member. United States Patent 6007656, 28.12.1999.

47 Hrázský J., Král P. Assessing the bending strength and modulus of elasticity in bending of exterior foiled plywoods in relation to their construction. *Journal Of Forest Science*, 51, 2005 (2): 77–94 Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, Brno, Czech Republic.

48 Hrázský J., Král P. A contribution to the properties of combined plywood materials. *Journal of Forest Science*. Czech Academy of Agricultural Sciences, Prague, Czech Republic: 2007. 53: 10, 483-490. 6 ref.

49 Jefferies R., 1972, Glass-fibre/plywood composite panels for freight container construction, Reinforced Plastics, Vol 16, No 9, p 253

50 Kajaks J., Koksnes ķīmija, lekciju konspekts, Rīga: RTU, 2004. 50 lpp.

51 Kim S. and. Kim H.-J, 2005, Effect of addition of polyvinyl acetate to melamine-formaldehyde resin on the adhesion and formaldehyde emission in engineered flooring, International Journal of Adhesion and Adhesives, Volume 25, Issue 5, October 2005, Pages 456-461

52 Kljak J.; Brezovic M. Influence of plywood structure on sandwich panel properties: variability of veneer thickness ratio, Wood Research, Bratislava: Slovak Forest Product Research Institute, 2007. 52: 2, 77-88. 9 ref.

53 Kohn Henri A. Balsa-core sandwich laminate.United States Patent 4343846, 10.08.1982.

54 Koks būvniecībā. Red. L. Rūsiņa, I. Lūsēna. Rīga: Stilus, 2007. 255 lpp.

55 Koksnes kompozītmateriālu lietojuma iespējas. *Baltijas Koks*, 4(84), 44. lpp.

56 Král P.; Hrázský J. A contribution to the resistance of combined plywood materials to abrasion. *Journal of Forest Science*. Czech Academy of Agricultural Sciences, Prague, Czech Republic: 2008. 54: 1, 31-39. 8 ref. 67. (html http://81.0.228.28:8050/uniqueFiles/00626.pdf).

57 Kral P., Hrazsky J., 2006, „Effects of different pressing conditions on properties of spruce plywood", Journal of Forest Science, 52, 2006 (6), 285-292

58 Kuusipalo J. Plastic coating of plywood using extrusion technique. Institute of Paper Converting, Tampere University of Technology, Tampere, Silva Fennica, Finnish Society of Forest Science, Helsinki, Finland: 2001. 35: 1, 103-110. 13 ref.

59 Lam Frank C. F., Barrett John D., Norlin Lars Peter, Fouquet Robert J. M., Wood based composite decking panel. United States Patent 6497937 B1, 24.12.2002.

60 Lietaskoks 2008 Nr 4 (128)

61 Lu, J.Z., Q. Wu, and H.S. McNabb, Jr. 2000. Chemical coupling in wood fiber and polymer composites: A review of coupling agents and treatments. Wood and Fiber Science 32(1):88-104.

62 Lund T. Slip and wear resistant flooring and compositions and a method for producing same. United States Patent 4528231, 09.07.1985.

63 Lutz JF, Mergen A, Panzer H. Effect of moisture content and speed of cut on quality of rotary cut veneer. US Forest Service Research Note FPL-0176, 1967

64 Lehtinen M., Syrjanen T., Koponen S., 1997, Effect of Drying Temperature on Properties of Veneers, Helsinki University of technology, Laboratory of structural Engineering, Publication No 63. 50 pages.

65 Madrid J. Process for strengthening plywood. Unated States Patent US 6782929 B1, 31.08.2004.

66 Malmstrom Homer E., Plywood panel. United States Patent 2565251, 21.08.1951.

67 McMillin C. W., 1958, The relation of mechanical properties of wood and nosebar pressure in the production of veneer, Forest Products Journal Vol. 8(1): 23-32

68 Michael T. New Recipes for Composites. Plastics Engineering. Brookfield Center: Nov 2006. Vol. 62, Iss. 11; pg. 18, 2 pgs

69 Murcia P. R., Hess R. J., Composite material paneling and method of making the same. Unated States Patent US 6821595 B2, 23.11.2004.

70 Neese J. L., Reeb J. E., Funck J. W., 2004, Relating traditional surface roughness measures to gluebond quality in plywood, Forest Products Journal. Madison: Jan 2004. Vol. 54, Iss. 1; p. 67

71 Padmanabhan Gopalkrishna, Dharani, Lokeswarappa R., Vangilder, James N. Composite wood flooring. US Patent 20010003623 A1, 14.06.2001.

72 Padmanabhan Gopalkrishna, Dharani Lokeswarappa R., Vangilder, James N. Composite wood flooring. United States Patent US 6183824 B1, 06.02.2001.

73 Palacios P., Esteban L. G., Guindeo A., Fernández F. G., Canteli A. F., Navarro N., 2008, Variation of impact bending in the wood of Pinus sylvestris L. in relation to its position in the tree, Forest Products Journal. Madison: Mar 2008. Vol. 58, Iss. 3; 55-60.

74 Platts Kellett W. Laminated board. United States Patent 1951983, 24.12.1931.

75 Plevris N, Triantafillou T., 1992, FRP-Reinforced Wood as Structural Material, J Mater Civil Eng ASCE 1992;4(3):300–317.

76 Regulations affecting the use of plywood in freight vehicles. Thesis of Master's Degree in Forest Products Marketing. Anna Virolainen. University of Helsinki. 1/9/2007

77 Reihmane S. Šķiedrmateriāli, lekciju konspekts. Rīga: RTU Polimērmateriālu institūts, 2005. 104 lpp.

78 Rigoberto Burgueño, Mario J. Quagliata, Amar K. Mohanty, Geeta Mehta, Lawrence T. Drzal and Manjusri Misra. Load-bearing natural fiber composite cellular beams and panels, Elsevier, 2004., (www.sciencedirect.com).

79

80 Robbins Earl H., Composite wood panel Document, United States Patent 4569873, 11.02.1986.

81 Rohumaa A.,Hughes M., Ohlmeyer M., Kallio T., 2007, Raw material and process factors influencing bond strength development in veneer-based products, International Panel Products Symposium 2007. Proceedings: Cardiff, Wales, UK

82 Saucier J. R., Holman J. A., 1975, Structural Particleboard Reinforced with Glass Fiber--Progress in Its Development, Forest Products Journal [25(9):69-72]

83 Sernek M., 2002, Comparative Analysis of Inactivated Wood Surface, Ph. D. disertācija

84 Sewell John H. Composite materials, United States Patent 4533589, 06.08.1985.

85 Sheldon Q. S., 2002, Fiber-Reinforced Polymer (FPR)- Wood Hybrid Composites, APA Engineered Wood Handbook, McGraw-Hill, (p. 11.1 – 11.30)

86 Shupe T.F., Hse G. Y., Grazdits G.A., Choong E.T., 1997, Effects Of Silvicultural Practice And Veneer Lay Upon Some Mechanical Properties Of Loblolly Pine Plywood, Forest Products Journal Vol. 47 No 10, 101-106

87 Spaun F. D., 1981, Reinforcement of wood with fiberglass, Forest Products Journal, 31 (4) 26-33 p

88 Standartizācija. Eiropas Savienības Phare 2000 programmas Latvijas Nacionālās Kvalitātes nodrošināšanas projekts LE 0008/0005. ISBN 9984-9711-7-1 58 lpp

89 Tanritanir E., Hiziroglu S., As N., 2006, Effect of steaming time on surface roughness of beech veneer, Building and Environment, Volume 41, Issue 11, November 2006, Pages 1494-1497

90 Taheri F., Nagaraj M., Khosravi P., 2008, Buckling response of glue-laminated columns reinforced with fiber-reinforced plastic sheets, Composit Structures

91 Thoemen H., 2008 Lightweight panels for the European furniture industry: Some recent developments, Procceedings of the Cost E49 International Workshop

„Lightweight Wood-Based Composiites. Production, Properties and Usage", Bled, Slovenia 2008 pp. 1-14

92 Thompson Thomas L. Method of forming a non-skid surface wood panel. United States Patent 4555292, 26.11.1985.

93 Tingley Daniel A., Willamette Ave., Surface treated synthetic reinforcement for structural wood members. United States Patent 5498460,12.03.1996.

94 Troughton, G.E., and S.Z. Chow. 1971. Migration of fatty acids to white spruce veneer surface during drying: Relevance to theories of inactivation. Wood Science 3(3):129-133.

95 Vaņins, A. Koksnes zinātne. Latvijas valsts izdevniecība: 1950. 96 lpp.

96 Zhiyong C., 2006, Selected Properties of MDF and Flakeboard Overlaid with Fiberglass Mats, Forest Products Journal [56(11/12):142-146]

97 Wheeler Robert G. Method of making a grooved, fiber-clad plywood panel. United States Patent 4084996, 18.04.1978.

Interneta resursi

98 Borden Cellobond FRP, http://www.composites.dk/filarkiv/billeder/13620072013102.pdf, skat.internetā 18.06.2008.

99 Design and Fabrication of Plywood Sandwich Panels. APA The Engineered Wood Association.

100 www.gp.com/BUILD/DocumentViewer.aspx?repository=BP&elementid=3816, skat. internetā 28.06.2008.

101 Design And Fabrication Of Plywood Stressed - Skin Panels. APA, http://www.gp.com/BUILD/DocumentViewer.aspx?repository=BP&elementid=3815, skat. internetā 12.08.2008.

102 Havy duty plywood flooring and linings for demanding use. Finnforest. HGV & TRAILERS www.finnforest.co.uk/default.asp?path=200;256;368;2316;2318;9591;8847, skat. internetā 16.05.2008.

103 http://finieris.skice.gids.lv/pub/ , skat. internetā 12.08.2008.

104 http://w3.upm-kymmene.com/upm/internet/cms/upmcms.nsf/$all/26B8825AA260BDE1C22570B60041CE32?Open&qm=menu,0,0,0, skat. internetā 28.05.2008.

105 http://w3.upm-kymmene.com/upm/internet/cms/upmmma.nsf/lupgraphics/trans_en.pdf/$file/trans_en.pdf, skat. internetā 28.05.2008.

106 http://www.advancedtechnicalpanels.co.uk/images/literature/Transport%202005.pdf, skat. internetā 28.05.2008.

107 http://www.ainsworth.ca/, skat. internetā 27.07.2008.

108 http://www.cattcousa.com/wood.htm, skat. internetā 28.06.2008.

109 http://www.cellobond.com/frpfr.html, skat.internetā 18.06.2008.

110 http://www.engros.fritzoe.no/download.asp?DAFID=85&DAAID=1 (SVEZA film faced plywood), skat. internetā 29.05.2008.

111 http://www.fire.tc.faa.gov/research/targtare.stm, skat. internetā 18.06.2008.

112 http://www.havcowp.com/, skat. internetā 03.07.2008.

113 http://www.ltlewis.co.uk/profile.htm, skat. internetā 30.05.2008.

114 http://www.nida-core.com, skat. internetā 28.06.2008.

115 http://www.plytech.co.nz/, skat. internetā 05.06.2008.

116 http://www.rishon-inter.lv/, skat. internetā 03.07.2008.

117 http://www.rtight.com/, skat. internetā 03.07.2008.

118 http://www.rtight.com/, skat. internetā 14.06.2008.

119 http://www2.upm-kymmene.com/w3/upm/internet/cms/upmmma.nsf/lupgraphics/truck_en.pdf/$file/truck_en.pdf, skat. internetā 28.06.2008.

120 Microspheres: Fillers Filled With Possibilities. http://www.compositesworld.com/ct/issues/2008/April/112795, skat. internetā 02.06. 2008.

121 Natural-fiber hybrid composites for structural applications. Composites Special Edition, http://www.sae.org/automag/material/10-2006/1-114-10-38.pdf, skat. internetā 28.05.2008.

122 Plytanium Radiant Barrier Roof Sheathing, www.gp.com/BUILD/DocumentViewer.aspx?repository=BP&elementid=4916;skat., www.gpplytanium.com, skat. internetā 30.05.2008.

123 Smith Paul M., Wolcott Michael P. Opportunities for Wood/Natural Fiber-Plastic Composites in Residential and Industrial Applications, http://www.forestprod.org/Mar06feature.pdf, skat. internetā 05.06.2008.

124 SolarPly, http://www.coastalplywood.com/SolarPlySpec.pdf, skat. internetā 30.05.2008.

125 Table of standards. Syktyvkar Plywood. http://eng.plypan.com/SyPly/filmfaced/, skat 05.06.2008.

126 Wood. Made by WISA®, WISA Wood Products, http://w3.upm-kymmene.com/upm/internet/cms/upmmma.nsf/lupgraphics/WoodMadebyWisa_kansvalinen.pdf/$file/WoodMadebyWisa_kansvalinen.pdf, skat. internetā 28.05.2008.

127 Zweben C., Stronger and Lighter- Composites Make Their Mark, Edited by Hoffman J. M., Original Publish Date : skat. internetā 17.03.2008. http://machinedesign.com/ContentItem/72289/StrongerandLighterCompositesMakeTheirMark.aspx, skat. internetā 05.05.2008.

128 www.iso.org

129 www.cen.eu

130 www.likumi.lv

131 www.mk.gov.lv

132 www.europa.eu.int/com

133 www.lvs.lv

134 http://faostat.fao.org/default.aspx

135 http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=0,1136195,0_45572097&_dad=portal&_schema=PORTAL

Standarti

136 LVS EN 1995-1-2 Eurocode 5 - Design of timber structures – Part 1-2: General - structural fire design, European committee for standartization (CEN), 2004. 69 p.

137 LVS EN 120 Koksnes plātnes - Formaldehīda satura noteikšana - Formaldehīda satura noteikšana ar perforatora metodi. Rīga: Latvijas Valsts Standarts, 1992.

138 LVS EN 300:2006 Orientētu kokskaidu plātnes (OSB). Definīcijas, klasifikācija un specifikācijas. Rīga: Latvijas Valsts Standarts, 2006.

139 LVS EN 309 Kokskaidu plātnes - Definīcijas un iedalījums. Rīga: Latvijas Valsts Standarts, 2005.

140 LVS EN 312 Kokskaidu plātnes – Specifikācijas. Rīga: Latvijas Valsts Standarts, 2003.

141 LVS EN 314-1 Saplāksnis- Līmējuma kvalitāte - 1.daļa: Testa metodes. Rīga: Latvijas Valsts Standarts, 2005.

142 LVS EN 314-2 Saplāksnis- Līmēšanas kvalitāte - 2.daļa: Prasības. Rīga: Latvijas Valsts Standarts, 2000.

143 LVS EN 316 Kokšķiedru plāksnes- Definīcija, klasifikācija un simboli. Rīga: Latvijas Valsts Standarts, 2000.

144 LVS EN 335-2 Koksnes un tās izstrādājumu ilgizturība. Lietojumklašu definēšana. 2.daļa: Definīciju piemērošana masīvai koksnei. Rīga: Latvijas Valsts Standarts, 2006.

145 LVS EN 390 Līmētā koksne - Izmēri, pieļaujamās novirzes. Rīga: Latvijas Valsts Standarts, 2000.

146 LVS EN 622-1:2003 Šķiedru plātnes - Specifikācijas - 1.daļa: Vispārīgās prasības. Rīga: Latvijas Valsts Standarts, 2003.

147 LVS EN 622-2:2004 Kokšķiedru plātnes- Specifikācijas - 2.daļa: Prasības cietajām plātnēm. Rīga: Latvijas Valsts Standarts, 2004.

148 LVS EN 622-2:2004 /AC:2006 Kokšķiedru plātnes. Specifikācijas. 2.daļa: Prasības cietajām plātnēm. Rīga: Latvijas Valsts Standarts, 2004.

149 LVS EN 622-3:2004 Kokšķiedru plātnes- Specifikācijas- 3.daļa: Prasības vidējas cietības plātnēm. Rīga: Latvijas Valsts Standarts, 2004.

150 LVS EN 622-4:2001 Šķiedru plātnes - Specifikācijas - 4.daļa: Prasības mīkstajām plātnēm. Rīga: Latvijas Valsts Standarts, 2001.

151 LVS EN 622-5:2006 Šķiedru plātnes. Specifikācijas. 5.daļa: Prasības sausā procesā iegūtām plātnēm (MDF). Rīga: Latvijas Valsts Standarts, 2006.

152 LVS ENV 13696 Koka un parketa grīdas segumi- Elastības un dilumizturības noteikšana, 2002.

153 LVS EN 14279 Kārtaini līmētie kokmateriāli (LVL) - Definīcijas, klasifikācija un specifikācijas Rīga: Latvijas Valsts Standarts, 2005.

154 LVS EN 14374 Koka konstrukcijas - Kārtaini līmētie konstrukciju kokmateriāli – Prasības. Rīga: Latvijas Valsts Standarts, 2005

155 ISO 3131 (1975) Wood- Determination of density for physical and mechanical tests. International Organization for Standardization. Switzerland, 1975. 2 l pp.

156 DIN 51130 Testing of floor coverings - Determination of the anti-slip properties - Workrooms and fields of activities with slip danger, walking method - Ramp test, 2008.

157 DIN 53799 Decorative laminated sheets on basis of aminoplastic resins; test method, German National Standard, 1986, 24 p.

158 SIS 923502 Golvmaterial - Bestämning av längdändring vid varierande luftfuktighet.

159 LVS CEN/TS 12872:2007 Koksnes plātnes. Norādījumi slodzi nesošu plātņu lietošanā grīdu, sienu un jumta konstrukcijās

160 DIN 68764 Part 1 Particle Boards, Extruded Particle Boards for Construction; Terminology; Inspection; Supervision

PIELIKUMI

1. Pielikums

Plātņu materiālu un to izejmateriālu ražotāji vai tirgotāji

Ražotājs vai izplatītājs	Piedāvājums
http://www.fibermax.eu/shop/index.php	Internetā var pasūtīt šķiedras – stikla, aramīda, oglekļa, hibrīdās, pildījuma materiālus; epoksīdu sistēmas, mikrosfēras, mikrošķiedras (celulozes) – cenas eiro.
Argosy International http://www.argosychemical.com/ Latvijā:ILŪKSTES ielā 42-105 RĪGA, Tel: 371-926-2183 E-mail: nzhmud@argosychemical.com	Kompozītmateriālu un to sastāvdaļu (šķiedras, arī „prepregi", pildījums, virsmas pārklājumi, saistvielas) izplatīšana un ražošana (galvenokārt Āzijā un ASV).
Glass Fiber Technology Co. http://www.frptechnology.com/index.html	Piedāvā stikla šķiedru, dažādas saistvielas, ar šķiedrām armētus materiālus, cietinātājus, pildvielas.
Coveright http://www.coveright.com/	Ražo pārklājumus gan dekoratīvajām virsmām, gan materiāliem ko izmanto būvniecībā, grīdu klājumos, autotransportā. Piedāvā nodilumizturīgus virsmas pārklājumus saplāksnim.
REICHHOLD http://www.reichhold.com/ Izplata SIA Vitroplasts Diklu 2-3, LV-2015 JURMALA Contact: Maris Pribils	Piedāvā nepiesātinātos poliesteru sveķus u.c. saistvielas un gruntis.
Borden Chemical UK (www.cellobond.com)	Ražo Cellobond FRP – fenola sveķu un stikla šķiedras armējumu, kā arī viegla svara ugunsizturīgās fenola putas, sintaktiskās putas ar augstu stiprību.
M.C. Gill Corporation http://www.mcgillcorp.com/products/index.html	Ražo viegsvara plātnes, šūnveida pildījumus.. Piedāvā arī īpašus virsmas pārklājumus, tai skaitā Gillfab™ 1002 – ar stikla šķiedru armēts fenola sveķu lamināts, kurš nezaudē stiprību paaugstinātās temperatūrās; Gillfab 1007 - ablatīvs lamināts, kurā stikla šķiedru vietā Refrasil armējums; Gillfab 1042 - zemākās temperatūrās izmantojams fenola lamināts; Gillfab 1302 – lamināts, kas izmantojams zemākās temperatūrās, bet ar paaugstinātu stiprību.
SIA Rišon Inter, Latvijā Salaspilī http://www.rishon-inter.lv/	Ražo stiklašķiedras kompozīta profilus ar pultrūzijas metodi no austiem un neaustiem stikla šķiedras materiāliem un dažādiem sveķiem. Iespējams projektēt izstrādājumus ar noteiktiem raksturlielumiem plašā strukturālo īpašību diapazonā atkarībā no pildvielas, šķiedru orientācijas un sveķu (epoksīdu, akrila, poliesteru) izvēles.
CEL Components http://www.honeycombpanels.eu/index.php	CEL (Compagnia Emiliana del Levante) viens no lielākajiem vieglsvara sendvičplātņu komponentu piegādātājiem Eiropā.
FlexForm Technologies http://www.flexformtech.com/	FlexForm – neausts dabīgo šķiedru un polipropilēna kompozītmateriāls, pieejami dažāda blīvuma un svara materiāli. (Varbūt var būt kā paraugs plātņu pildījumam.)
Benecor Inc. http://www.benecorinc.com/materials.php	Honeycomb pildījuma materiāls no titāna, niķeļa, nerūs. tērauda, alumīnija. Šūnu konfigurācija dažāda.

Ražotājs vai izplatītājs	Piedāvājums
http://www.cstsales.com/	Piedāvā internetā dažādas šķiedras, līmes, pildvielas, šķiedru kompozītmateriālus..
DIAB http://www.diabgroup.com/	Pildījumi viegla svara plātnēm.
Elliott Company http://www.elliottfoam.com/	Ražo stingros putu pildījumus ELFOAM no poliuretāna, poliizocianurāta ar dažādiem blīvumiem, izmēriem; labas termiskās un mitrumizturības īpašības, tādēļ var izmantot izolācijai.
EURO-COMPOSITES http://www.euro-composites.com/	Ražo šūnveida pildījuma materiālus, laminātus, plātnes.
Nantong Xiujun Composites Co. Ltd. http://www.fiberglass-xiujun.com/	Dažādi stikla šķiedras materiāli, stikla mikrosfēras.
Nida-Core Corp. http://www.nida-core.com/	Ražo un piedāvā šūnveida, putu, balsa koksnes materiālus plātņu pildījumiem, sendvič tipa plātnes, kombinējot dažādus ārsienu materiālus un pildījumus, Nida Bond poliestera saistvielas.
Permali Wallace Private Limited, Indijā http://www.permaliwallace.com/	Piedāvā dažādu šķiedru „prepreg” materiālus, saistvielas un impregnētas un ar blīvinātas koksnes materiālus.
Plascore Inc. http://www.plascore.com/products.asp	Honeycomb pildījuma materiāli no alumīnija, nerūs. tērauda, aramīda, polikarbonāta, plātnes arī ar putu pildījumu.
GrafTech International www.graftech.com	Ražo oglekļa putu pildījumu „GRAFOAM®”sendvičplātnēm. Tas ir jauns, vaļējšūnu, stingrs oglekļa putu materiāls, kuram ir ilgstoša pretestības spēja pret uguns, augstu temperat. iedarbību, zema siltumvadītspēja, aiztur elektromagnētisko starojumu, inerts pret ķimikāliju un pelējuma iedarbību, augsta stiprība attiecībā pret svaru, laba saistīšanās spēja ar laminātiem, viegli apstrādājams, laba skaņas izolācija. Labi saistās ar stikla, aramīda, oglekļa šķiedrām, poliesteri, vinilēsteri, epoksīdsveķiem, fenola termoplastmasām, betonu un GRAFOIL® elastīgo grafītu. Ir ķīmiski inerts. Tiek ražotas dažādas GRAFOAM® markas, kas atšķiras ar blīvumiem – sākot ar 32kg/m^3 līdz 560kg/m^3. Materiāls tiek lietots gan celtniecībā, transporta industrijā, aukstumiekārtu u.c. ražošanas nozarēs.
Qingdao-Tubus Honeycomb Co. Ltd. (Ķīnā) http://www.qdtubus.com/produc.htm	Dažādi šūnveida pildījuma materiāli no polipropilēna, polikarbonāta un virsmu materiāli no alumīnija, koka, stingras stikla šķiedras.
BELLCOMB TECHNOLOGIES (ASV) http://www.bellcomb.com/applications/transportation.asp	Piedāvā ļoti dažādus vieglsvara plātnes ar putu u.c. pildījumiem, arī ar saplākšņa pildījumu un virsmām, izmantojami arī transportlīdzekļu grīdām. (var būt interesanti kā paraugi, iespējams pasūtīt paraugus)
CATTCO USA, Inc www.cattcousa.com	Kompozītplātnes ar dažādām virsmām un pildījumiem, pildījums un virsmas arī no koksnes materiāliem. (var būt interesanti kā paraugi)
Ebert Composites Corporation http://www.ebertcomposites.com/	Piedāvā TRANSONITE™ 3-dimensiju sendvičtipa plātnes ar dažādiem (putu, balsa, fenola sveķu) pildījumiem un virsmu materiāliem no dažādām šķiedrām, audumiem, sveķiem. (var būt interesanti kā paraugi)

2. Pielikums

Dažādu marku saplākšņu virsmas īpašību apkopojums

Saplākšņa marka	Virsmas un pielietojuma raksturojums.	Taber tests (DIN 53799), apgriezieni	Rolling tests (SS 923502), cikli
UPM Kymmene WISA-Wire [76]	Bērza saplāksnis ar fenola filmas pārklājumu un sietveida faktūru.	380	1750 / 300 kg
WISA-Hexa Grip [76]	Bērza saplāksnis ar fenola filmas pārklājumu un heksagonālu faktūru.	570	1750 / 300 kg
WISA-Hexa Strong [76]		3700	5000 / 300 kg
Wisa-Trans WISA-Trans X [55, 76]	Virspusē fenola sveķu lamināts ar karstajā presē iespiestu reljefu berzes palielināšanai. Tiek lietots grīdu klājumiem, piem., transporta industrijā, kur ir spēcīga mehāniskā iedarbība.	3700	8000 / 300 kg
WISA-Truck [54]	Virspusē: fenola sveķu pārklājums ar sietveida reljefu berzes palielināšanai.	19 600	100 000
WISA-Truck Plus [40s]		30 100	210 000
WISA-Multifloor [76]	Bērza saplāksnis. Virspuse - pārklājums: 800g/m^2, pārklāts ar termoplastisko poliolefīnu kārtu. Viegli viļņveidīgs virsmas reljefs; otrā pusē – viegli gofrēts polipropilēna pārklājums. Galvenais pielietojums – vieglu autofurgonu grīdām, maziem treileriem, sporta hallēs.	5000	41000 / 100 kg
UPM Kymmene Warkaus-Floor Grating [76]	Plātnes ir perforēti un rievoti, lai uzlabotu gaisa cirkulāciju. To augšējā virsma ir apstrādāta ar epoksīdu pārklājumu (bez šķīdinātājiem) 360 g/m^2 ar plastmasas granulām; apakšpusē – tikai epoksīdkārta 150 g/m^2. Pielietojums: kuģu būvētavu grīdām, kur nepieciešama augsta nodilumizturība.		
A/S Latvijas Finieris [53]:			
Riga Rhomb	Bērza saplāksnis (*Riga Ply*) ar fenola filmas pārklājumu abās pusēs. Virspuse ir ar speciālu virsmas reljefu. Slīdamības klase saskaņā ar *DIN 51130* ir *R 10*.	600 - 900	Vismaz 10000
Riga Rhomb Heavy		Vismaz 8 000	Vismaz 10000
Riga Heksa	Virspuse ir ar speciālu fenola filmas klājumu un virsmas reljefu. Slīdamības klase saskaņā ar *DIN 51130* ir *R 9*.	Vismaz 1500	Vismaz 10000
Riga Heksa Heavy		Vismaz 12000	Vismaz 10000
Riga Smooth Mesh	Virsma ar fenola filmas klājumu un sietveida reljefu. Izmantoto filmu svars - 120g/m^2, 167g/m^2, 174g/m^2, 220g/m^2. Iespējama vairākkārtēja filmas pārklājuma palikšana zem sieta, tādejādi palielinot virsmas noturību un nodilumizturību. Pēc pircēja vēlmēm saplāksni var pārklāt no abām pusēm ar vienādu filmu vai atšķirīgu. Iespējama dažāda raupjuma virsma, izmantojot atšķirīgus sietus. Nodilumizturības rezultāti virsmām ar mazā sieta reljefu ir augstāki nekā virsmām ar lielā sieta reljefu. Virsma ir spīdīga, nodilumizturīga, neplaisā. Izturīga pret mitrumu un ķīmisko vielu iedarbību. Tā ir viegli tīrāma ar ūdeni vai tvaiku.		

Saplākšņa marka	Virsmas un pielietojuma raksturojums.	Taber tests (DIN 53799), apgriezieni	Rolling tests (SS 923502), cikli
Riga Tex	Bērza saplāksnis (*Riga Ply*) ar fenola filmas pārklājumu abās pusēs. Parasti viena puse ir ar sietveida virsmas struktūru, bet otra puse - gluda. Sietveida struktūra iespējama abās virsmas pusēs. Raupjā virsma ir nodilumizturīga. Parasti izmantojamās filmas svars ir 120 g/m^2 vai 220 g/m^2. Iespējama vairākkārtēja pārklājuma palikšana zem sieta (līdz 880g/m^2). Var būt dažāda raupjuma virsma, atkarībā no izmantotā sieta. Virsma ir nodilumizturīga, neplaisā. Izturīga pret mitrumu un ķīmisko vielu iedarbību, viegli tīrāma ar ūdeni. Pielietojums - transporta līdzekļu grīdām, gājēju tiltiem, noliktavu un rūpnīcu grīdām, noliktavu plauktiem, iekraušanas platformām, kuģu klājiem, estakāžu virsmām, sastatnēm celtniecībā - tur, kur virsmai ir nepieciešama liela nodilumizturība un maza slīdamība.	Virsmas nodilumizturība pārbaudīta saskaņā ar *Taber* testu (*EN 438-2*) Testu rezultāti ir atkarīgi no filmu klājuma, virsmas reljefa, kā arī no produkta uzglabāšanas, lietošanas u.c. apstākļiem	
Riga Foot Pelēks, Riga Foot Tumši brūns, Riga Foot Zaļš	Bērza saplāksnis (Riga Ply) ar fenola filmas pārklājumu abās pusēs. Viena puse ir ar speciālu virsmas reljefu, bet otra puse ir gluda. Virsmai paaugstināta nodilumizturība, maza slīdamība, izturīga pret mitrumu un ķīmisko vielu iedarbību, viegli tīrāma. Slīdamības klase saskaņā ar DIN 51130 ir R 10. Pielietojums - transporta industrijā grīdas segumiem, noliktavu un rūpnīcu grīdām, noliktavu plauktiem, iekraušanas platformām, estakādēm, sastatnēm celtniecībā, rotaļu laukumos, tarai un visur, kur nepieciešama paaugstināta nodilumizturība, maza slīdamība un labs vizuālais izskats.	Vismaz 1200; vismaz 600; vismaz 600	10000; 6000; 2000
SVEZA film faced plywood [60] izplata: PROBEX www.probex.ee	Virsma pārklāta ar fenola filmu, kuras blīvums - 120 g/m^2. Var pārklāt dubultā un vēl biezākā slānī (240 g/m^2, 440 g/m^2), kas palielina nodilumizturību. Pēc klienta vēlēšanās var izgatavot arī ar citiem pārklājuma biezumiem. Pārklājums var būt gan gluds, gan ar sietveida reljefu. Pielietojums: būvniecībā, autotransporta, vilcienu vagonu, tankeru būvē u.c.		
FINNFOREST [52] Saplākšņu markas:	Bērza vai kombinētais saplāksnis. Fenola filmas pārklājums. Izmanto kravas automobiļu grīdām, iekraušanas platformām un citur, kur nepieciešama laba nodilumizturība.		
Form	Pārklājums 220 g/m^2.	900	
Deck	Pārklājums 120 g/m^2.	350	8000 / 200 kg
Deck	Pārklājums 220 g/m^2.	900	8000 / 200 kg
Floor	Pārklājums 500 g/m^2.	3200	9000 / 200 kg
Floor	Pārklājums 700 g/m^2.	4300	9000 / 200 kg
Top	Pārklājums 220 g/m^2.	950	8000 / 200 kg

Saplākšņa marka	Virsmas un pielietojuma raksturojums.	Taber tests (DIN 53799), apgriezieni	Rolling tests (SS 923502), cikli
Carat	Pārklājums 220 g/m^2.	950	8000 / 200 kg
Duraline	Pārklājums 800 g/m^2.	12000	10000 / 200 kg
HEXAFLOOR GRIP [56]	Bērza saplāksnis ar fenola sveķu pārklājumu un heksagonālu vai gludu tekstūru: 174 g/m^2 / 240 g/m^2. Pielietojums – kravas transporta grīdām, noliktavu, rūpnīcu grīdām, iekraušanas platformām un citur, kur nepieciešama augsta nodiluma un trieciena izturība. pieejams arī ar pārklājumu *Strong* 500g/m^2 virspusē.	1100	
Plytech International Ltd Trans-Tex 220 [65]	Bērza saplāksnis ar fenola filmas virsmas pārklājumu abās pusēs 220, 167, 120 g/m^2. Viena puse ar sietveida reljefu berzes palielināšanai. Liela nodilumizturība, virsma izturīga pret mitrumu, ķimikālijām.	800	
BUFFALO BOARD [56]	Bērza saplāksnis ar fenola filmas klājumu sietveida faktūru vienā pusē, gluds – otrā pusē. Pārklājuma blīvums - 120 g/m^2 , 220 g/m^2 Izmanto kravas automobiļu grīdām, iekraušanas platformām un citur, kur nepieciešama laba nodilumizturība.	250 -300 600	
Buffalo Board 6K [56]	Bērza saplāksnis ar fenola filmas pārklājumu 350 g/m^2, kas satur 220/130 g/m^2 nodilumizturīgu filmu. Pielietojums: kravas transporta grīdām, iekraušanas platformām, noliktavu, kuģu grīdām.	6000	
BUFFALO BOARD 501 [56]	Bērza saplāksnis ar fenola filmas virsmas pārklājumu 501 g/m^2 ar sietveida faktūru, otra puse - gluds fenola filmas klājums. Pielietojums: kravas transporta grīdām, iekraušanas platformām un citur, kur nepieciešama laba nodilumizturība.	2000	
BUFFALO STONE GREY [56]	Bērza saplāksnis ar fenola filmas virsmas pārklājumu 174 g/m^2 ar sietveida faktūru, otra puse gluda ar fenola filmas klājumu. Krāsa gaiša – pelēka. Pielietojums: kravas transporta grīdām, iekraušanas platformām, noliktavām un citur, kur vēlama gaiša krāsa.		
FORCE TEX [56]	Bērza saplāksnis ar fenola filmas virsmas pārklājumu 880 g/m^2 ar sietveida faktūru, otra puse gluda ar fenola filmas klājumu 220 g/m^2. Pielietojums: kravas transporta grīdām, iekraušanas platformām, noliktavām un citur, kur nepieciešama laba nodilumizturība.		
KOPLA DECK [56]	Dižskābarža saplāksnis ar min. 167g/m^2 sietveida tekstūras fenola filmas pārklājumu virspusē, gludu apakšpusi; pieejami arī biezāki pārklājumi.		

3. Pielikums

Mikrosfēru ražotāji

Ražotājs	Interneta resurss
Trelleborg Emerson & Cuming (Mansfield, Mass.)	http://www.trelleborg.com/en/Emerson/
3M Energy and Advanced Materials(St. Paul, Minnesota),	http://www.mmm.com/product/business-units/specialty-materials.html
Noble International SA (La Pin, France) ražo produktu līniju Noblite	http://www.nobleinternational.com/
ETS Inc. (Bloomfield Hills, Mich.)	http://www.ets-corp.com/ (konsultācijas, pielietojuma optimizācija)
Potters Industries (Valley Forge, Pa.) PQ Corp. biedrs, ražo dobās stikla mukrosfēras	http://www.pottersbeads.com/
Microsphere Technology Ltd. (MTL; Edinburgh, Scotland, U.K.) specializējas dobo stikla mikrosfēru virsmas pārklājumos ar dažādiem pigmentiem un metāliem	http://www.microspheretechnology.com/
Envirospheres Ltd. (Lindfield, Australia) ražo produktu ar nosaukumu E-Spheres	http://www.envirospheres.com/home.htm
Cornerstone Research group (pētniecība un attīstība)	http://www.crgrp.net/
Asia Pacific Microspheres Sdn Bhd (APM; Selangor Darul Ehsan, Malaysia)	http://www.phenoset.com/
Expancel Inc. (Duluth, Ga.), part of Sweden-based Akzo-Nobel	http://www.expancel.com/